A scientific German reader

George Theodore Dippold

Mabel Thacher Wellman.

A SCIENTIFIC GERMAN READER

BY

GEORGE THEODORE DIPPOLD, PH.D.

ASSISTANT PROFESSOR OF MODERN LANGUAGES AT THE MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

BOSTON, U.S.A.
GINN & COMPANY, PUBLISHERS
1895

PREFACE.

THE student who is about to use this Reader is supposed to have acquired a thorough theoretical and practical knowledge of the main principles of German grammar. Therefore no attempt has been made to explain the forms of declension, conjugation, construction, etc. Still, in the case of long or intricate sentences the Notes will prove of some assistance to the learner. It has not seemed necessary to provide this Reader with a vocabulary, since the student whose aim is to read literary or scientific works in a foreign language, must needs begin to use a dictionary at some stage of his studies. Moreover, the Notes are intended to offer sufficient help as to the meaning of uncommon words and technical terms.

In regard to the principal idea on which the selection of the pieces composing this Reader has been based, a few words may suffice. The instructor in modern languages in a technical college is not expected to teach chemistry, physics, or the construction of steam engines. His main purpose must always be to make his students thoroughly familiar with the order of words, the vocabulary and technical terms that are most frequently found in German scientific works. Moreover, as a rule, the students in our technical schools necessarily enter at once on practical work in the laboratory or machine shop, so that the instructor in chemistry or physics, for example, can devote but

little time to the history of the science in question or to the biography of the men who distinguished themselves in it. Yet, to say the least, an acquaintance with the history of the development of a particular science is certainly a most desirable and interesting subject. This consideration has been one of the guiding principles in the choice of the articles in this volume; however, as will readily appear from the perusal of the work, the contents have by no means been selected with only this end in view.

At the end of the book will be found some exercises for translating English into German.

I desire to express my thanks for permission to use some illustrations from Dr. D. F. Lincoln's *Hygienic Physiology*, and the cut of a locomotive from Prof. A. P. Gage's *Elements of Physics*. As to the biographical notices on famous scientists which appear in the Notes, I have at times made use of the *Encyclopædia Britannica* and of *Brockhaus' Konversations-Lexikon*. The etymology of English scientific terms has generally been given according to *Webster's International Dictionary of the English Language*. It is well for students in technical schools to know the derivation of scientific expressions from other languages, and thus to see the reason why a certain word means what it does mean.

In conclusion I proffer my sincere thanks to my friend Prof. H. C. G. von Jagemann of Harvard College for his careful reading of the proofs as well as for many valuable suggestions.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY.
January, 1895.

Table of Contents.

SCIENTIFIC GERMAN READER.

Chemie.

I.

Die Chemie ist ein Teil der Naturwissenschaften. Sie betrachtet die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Körper. Alles, was einen Eindruck auf die Sinne macht, nennt man Körper; also[1] sind alle die unendlich mannigfaltigen Gegenstände, welche die Welt bilden, Körper. Man nennt Materie oder Stoff das, woraus die Körper bestehen, was also die Ursache ihrer Eigenschaften und der Eindrücke bildet, welche sie auf uns hervorbringen. Die Eigenschaften des Stoffs zu studieren,[2] bildet die Aufgabe zweier Naturwissenschaften, der Physik und der Chemie. Die Physik macht diejenigen Eigenschaften zur Aufgabe ihres Studiums, welche den Körpern gemeinsam sind, sowie diejenigen, welche mit den verschiedenen Arten der Bewegung zusammenhängen, die man als Gravitation, Wärme, Licht, Magnetismus, Elektricität bezeichnet, ohne dass sie[3] dabei die Verschiedenheit des Stoffs und deren Ursachen in Betracht zieht. Die Chemie macht dagegen gerade die Verschiedenheit des Stoffs zum Gegenstande ihrer Forschung und Lehre. Diese beiden Aufgaben lassen sich[4] nicht immer völlig getrennt verfolgen und Physik und Chemie haben deshalb viele Berührungspunkte.

II.

Der Ursprung des Namens der Chemie hüllt sich in Dunkel. Einige leiten[1] ihn von dem griechischen Worte *χυμός* (Pflanzensaft)[2] ab,[1] andere wohl mit grösserem Recht von *Χημία*, einem alten Namen Ägyptens, da sich von diesem Lande aus chemische Geheimlehren in der nachklassischen Zeit verbreitet haben, die jahrhundertelang herrschten. Das klassische Altertum hat wohl Philosophen besessen, welche über das Wesen der Materie spekulierten, aber nicht experimentierten, und darum zu vagen und geringfügigen Vorstellungen über dieselbe gelangten.[3] Die Bearbeitung der Materie war Sklaven[4] überlassen und galt als unehrenhaft und so konnte auch die Kenntnis der Materie im klassischen Altertum nur geringe Fortschritte machen. In Ägypten führte der Durst nach Gold zu Versuchen, unechte Metalle in Gold zu verwandeln, und so zu dem Glauben und noch häufiger zu dem trügerischen Vorgeben, diese Kunst zu verstehen. Deshalb verbreiteten sich als Alchimie gewisse Geheimlehren über die Bereitung eines Elixirs, welches unechte Metalle in Gold verwandeln und das Leben verlängern könne.[5] Obgleich sich Spuren der Alchimie bis in die neuere Zeit erhalten haben, so nahm[6] die Chemie doch mit dem 15. Jahrhundert allmählich eine würdigere Gestalt an;[6] aber erst mit dem 17. Jahrhundert fing sie an eine selbständigere und wissenschaftlichere Form sich anzueignen.

III.

Robert Boyle[7] war der erste Präsident der Royal Society in London. In seinem *Sceptical Chymist* trat er im Jahre 1661 dem Autoritätsglauben seiner Zeit zuerst aufs entschiedenste entgegen. Durch die Logik seiner Beweise vernichtete er mancherlei alchimistische Irrlehren; er hatte auch schärfere Kenntnisse von den Erkennungszeichen verschie-

dener Substanzen. Er lehrte Gase untersuchen und zog[1] dadurch diese[2] für die Kenntnis der Natur überaus wichtigen, bis dahin nicht gewürdigten Substanzen[2] in[1] den Kreis der chemischen Forschung. Nicht viel später stellte[3] Georg Ernst Stahl[4] in Deutschland die erste chemische Theorie auf,[3] die sogenannte Phlogistontheorie,[5] welche trotz ihrer Irrtümlichkeit das Verdienst hatte, verschiedene chemische Erscheinungen unter einem Gesichtspunkte zu vereinigen, also wissenschaftlich zu verknüpfen. Mittlerweile mehrte sich die Kenntnis von den Gasen; Henry Cavendish[6] wies[7] das Wasserstoffgas als Bestandteil des Wassers nach.[7] Joseph Black[8] fand, dass Kohlensäure ein wesentlicher Teil der Pottasche und der Kreide sei, und Joseph Priestley[9] entdeckte 1774 und nicht viel später auch Karl Wilhelm Scheele[10] das Sauerstoffgas. Diese Entdeckung wurde in Antoine Laurent Lavoisier's[11] Händen zur Grundlage der wissenschaftlichen Chemie. Dieser erkannte, dass Verbrennung die Vereinigung brennbarer Körper mit Sauerstoff sei und dass diese Körper bei ihrer Verbrennung um ebensoviel an Gewicht zunehmen, als sie Sauerstoff in sich aufnehmen. Er erkannte, dass bei keinem chemischen Prozess Materie verloren geht oder entsteht und bewies also die Unzerstörbarkeit der Materie. Er gab den Begriffen 'zusammengesetzte' und 'einfache' Körper den scharf bestimmten Inhalt, welchen sie noch heute besitzen. Er setzte[12] die Wage[13] in ihre Rechte ein[12] und machte die Chemie zu einer quantitativen, zu einer exakten Wissenschaft. Von da an mehrten sich die Fortschritte derselben in wunderbarer Weise. Wenzel[14] hatte schon geahnt, dass sich die Körper nur in bestimmten Gewichtsverhältnissen miteinander vereinigen. Dalton[15] und Gay-Lussac[16] erweiterten diese Beobachtungen und der erstere begründete darauf die Atomtheorie, die Grundlage der theoretischen Chemie. Zahlreiche neue Substanzen wurden entdeckt; nicht nur die Mineralwelt, auch die Pflan-

zen- und Tierwelt, die organische Natur, ward der Chemie dienstpflichtig. Neue Theorien drängten und vervollkommneten einander.

IV.

Die theoretische Grundlage der Chemie, wie sie aus den Entdeckungen der Genannten und ihrer Nachfolger hervorgegangen[1] und gegenwärtig von der überwiegenden Mehrzahl der Chemiker angenommen wird, ist folgende. Die Körperwelt ist trotz ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit aus einer beschränkten Zahl von Substanzen zusammengesetzt, in welche man dieselbe zerlegen kann. Substanzen, welche bisher durch kein Mittel in andere zerlegt werden können, werden mit dem Namen Elemente oder Grundstoffe bezeichnet, die Substanzen, welche aus der Verbindung von Elementen entstehen oder welche in Elemente zerlegt werden können, heissen zusammengesetzte Körper oder Verbindungen. Niemals kann man durch rein mechanische Mittel einen zusammengesetzten Körper in seine Grundstoffe zerlegen. Man mag Eisenoxyd[2] (die Verbindung des Eisens mit Sauerstoff) noch so fein zerreiben, niemals wird man auf diese Weise daraus metallisches Eisen und Sauerstoff wieder herstellen können. In einzelnen, wenn auch seltenen Fällen genügt zu einer solchen Zerlegung die Zufuhr von Wärme. So kann durch Erhitzen das Silberoxyd in seine Bestandteile Silber und Sauerstoff zerlegt werden. So kann das Wasser durch die Hitze einer weissglühenden Platinkugel in Wasserstoff und Sauerstoff, seine Bestandteile, zerlegt werden. Leichter gelingt[3] in vielen Fällen die Zerlegung einer Verbindung durch den galvanischen Strom. Wenn man die Pole einer galvanischen Batterie in Wasser taucht, so entwickelt sich am negativen Pol Wasserstoff, am positiven Pol Sauerstoff. Aber in den meisten Fällen hat man zur Zerlegung einer

Verbindung zu solchen Substanzen seine Zuflucht genommen,[1] welche zu einem ihrer Bestandteile eine vorwaltende Anziehung besitzen. Wenn man z. B.[2] aus Eisenoxyd Eisen darstellen will, so glüht man das Eisenoxyd mit Kohle, weil die Kohle zu der Substanz, welche mit dem Eisen im Eisenoxyd verbunden ist, d. h. zum Sauerstoff, eine grössere Anziehung besitzt als das Eisen. Der Sauerstoff verlässt darum das Eisen und tritt an die Kohle und verwandelt sie in Kohlensäure, während das Eisen aus seiner Verbindung entlassen wird. Die chemische Anziehungskraft der Elemente zu einander wird auch als chemische Verwandtschaft (Affinität) bezeichnet. Um anzudeuten, das dieselbe von einem Element zu einem zweiten grösser oder kleiner ist als zu einem dritten, dass sie also[3] verschieden ist zwischen Elementen verschiedener Natur, hat man das Wort Wahlverwandtschaft erfunden. Die Verwandtschaft oder chemische Anziehung folgt nicht denselben Gesetzen wie die Gravitation oder physikalische Anziehung der Körper, insofern sie nur auf die kleinsten Entfernungen wirkt. Körper müssen mit einander in unmittelbarer Berührung sein, um chemisch auf einander zu wirken, am besten müssen sie sich also im gasförmigen oder flüssigen (geschmolzenen oder aufgelösten) Zustande befinden, damit sie sich vollständig mischen und ihre kleinsten Teile einander berühren können.

V.

Chemishe Verbindungen können nur in ganz bestimmten Gewichts- oder Volummengen vor sich gehen.[4] Ein Liter Sauerstoffgas verbindet sich mit 2 Liter[5] Wasserstoffgas zu Wasser. Ist[6] mehr als ein Liter Sauerstoffgas vorhanden, so bleibt dieser Überschuss unverbunden zurück. Ein Liter Sauerstoff wiegt 16mal soviel als ein Liter Wasserstoff.

Setzt[1] man das Gewicht von einer Raumeinheit, z. B. von 1 Liter Wasserstoffgas als Gewichtseinheit fest,[1] so kann man also sagen, dass 2 Gewichtsteile Wasserstoff sich mit 16 Gewichtsteilen Sauerstoff zu 18 Gewichtsteilen Wasser verbinden. Wie hier der Sauerstoff sich mit dem Wasserstoff nach ganz bestimmten Zahlenverhältnissen verbindet, so haben alle einzelnen Elemente gewisse Zahlen, welche die relativen Verhältnisse ausdrücken, in denen sie Verbindungen eingehen. Da man annehmen muss, dass bei chemischen Verbindungen die kleinsten Teile der Elemente sich gegenseitig anziehen und miteinander verbinden, so kann man auch sagen, diese Gewichte sind den kleinsten Teilen der Elemente eigentümlich. Es[2] sind die Gewichte der kleinsten Teile der Elemente. Man hat für die beiden Worte 'kleinster Teil' ein einziges Wort in die Chemie eingeführt, nämlich A t o m, d. h.[3] 'Unteilbares'; man bezeichnet deshalb diese[4] den Elementen eigentümlichen Zahlen,[4] welche ausdrücken, in welchen Gewichtsverhältnissen sie sich mit einander verbinden, als ihre Atomgewichte.

Um die Atomgewichte der Elemente zu finden, hat man durch sehr genaue Versuche festgestellt, in welchen Gewichtsmengen die Elemente sich mit einander vereinigen. Mit Hilfe der so gewonnenen Zahlen und Zeichen drückt nun die Chemie in der kürzesten Weise eine Menge von Thatsachen aus; durch das Zeichen H_2O z. B. die folgenden: Eine Raumeinheit, d. h. 16 Gewichtseinheiten, also 1 Atom Sauerstoffgas verbindet sich mit zwei Raumeinheiten, d. h. 2 Gewichtseinheiten, also 2 Atomen Wasserstoffgas zu 18 Gewichtseinheiten Wasser. Für diese relative Menge Wasser, die aus der Verbindung von 2 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff entsteht, war es nötig, ebenfalls ein Wort zu finden. Man wählte dafür das Wort 'Teilchen' oder M o l e k ü l und bezeichnet damit die Menge einer Verbindung, die aus der Vereinigung der Atome ihrer Elemente hervorgeht,

während man mit 'Atom' die kleinste Menge eines Elementes ausdrückt, das in Verbindung eintritt. Manche Chemiker gebrauchen jedoch, nach dem Vorgange von Berzelius,[1] das Wort 'Atom' in einem weiteren Sinne. Sie bezeichnen damit nicht allein die kleinste Menge eines Elementes, sondern auch die kleinste Menge von gewissen zusammengesetzten Körpern (Radikalen), die sich bei der Bildung von Verbindungen wie Elemente verhalten.

VI.

Die Elemente sind entweder 'Metalle,' d. h. sie haben die Eigenschaften des Glanzes, der Leitungsfähigkeit[2] für Wärme und Elektricität, die wir als metallische Eigenschaften bezeichnen, oder sie entbehren diese Eigenschaften ganz oder teilweise und heissen dann 'Metalloide.' Die Metalloide bilden durch ihre Verbindung mit Sauerstoff und Wasserstoff vorzugsweise Säuren; die Metalle aber vorzugsweise Basen, d. h.[3] Körper, welche sich mit Säuren zu Salzen umsetzen. Beide, sowohl Metalle wie Metalloide, zeigen folgende sehr wichtige Verschiedenheiten, welche eine einfache Klassifikation der Chemie verstatten. Ihre Atome verbinden sich entweder mit 1 Atom Wasserstoff oder 1 Atom eines Elementes, welches sich seinerseits mit 1 Atom Wasserstoff verbindet. Solche Elemente heissen 'einwertig' oder 'univalent.' So verbindet sich 1 Atom Chlor Cl mit 1 Atom Wasserstoff H zu Salzsäure HCl, mit 1 Atom Natrium Na zu Kochsalz NaCl und deshalb heissen Wasserstoff, Chlor, Natrium einwertige Elemente. Oder 1 Atom eines Elementes verbindet sich mit mehr als 1 Atom Wasserstoff oder eines anderen einwertigen Elementes und solche Elemente heissen 'mehrwertig' oder 'polyvalent.' Ein Atom Sauerstoff O verbindet sich mit 2 Atomen Wasserstoff zu Wasser H_2O, 1 Atom Quecksilber verbindet sich mit 2

Atomen Chlor Cl_2 zu Sublimat $Hg Cl_2$, und deshalb werden Sauerstoff, Quecksilber und viele andere Elemente, die sich ihnen in dieser Beziehung ähnlich verhalten, als 'zweiwertig' oder 'bivalent' bezeichnet. Andere Elemente sind dreiwertig und fünfwertig; der Kohlenstoff repräsentiert die Klasse der vierwertigen Elemente; nur von wenigen Elementen ist man genötigt, eine noch höhere Wertigkeit, z. B. die Sechswertigkeit oder Hexavalenz anzunehmen.

VII.

Die Aufgabe der theoretischen Chemie ist, die Entstehung der mannigfaltigen Körperwelt zu erklären und diese zahlreichen Körper zu ordnen und auf dieser Grundlage erhebt sich also das Lehrgebäude der heutigen Chemie. Dasselbe wird in verschiedene Abteilungen geteilt: in die synthetische und die analytische, die mineralische und die organische, die reine und angewandte Chemie. Endlich muss ein Teil der Physik als physikalische Chemie dazugezählt werden. Die synthetische Chemie beschreibt die Eigenschaften der Elemente und ihrer Verbindungen und gibt an, wie die letzteren aus den Elementen gebildet werden können. Daher ihr Name synthetische, d. h. zusammensetzende Chemie. Ihr gehört[1] die grössere Anzahl der chemischen Thatsachen an,[1] welche durch neue Entdeckungen täglich vermehrt werden und an deren[2] Auffindung eine sehr grosse Anzahl von Chemikern aller Zeiten teilhaben. Sie bildet den Lehrgegenstand, welcher als Experimentalchemie bekannt ist. Im Gegensatz zur synthetischen beschäftigt sich die analytische Chemie mit der Zerlegung der Verbindungen in ihre Bestandteile, entweder um durch bestimmte Erkennungszeichen (Reaktionen) zu erfahren, welche Bestandteile darin vorhanden sind (qualitative Analyse) oder um zu bestimmen, in welchen Ge-

wichtsmengen diese Bestandteile darin vorkommen (quantitative Analyse). Die analytische Chemie ist die praktische Grundlage der chemischen Forschung und der erste und wesentlichste Unterrichtsgegenstand in den chemischen Laboratorien.

Von einem andern Gesichtspunkt ausgehend, wird die Chemie in die anorganische und die organische geteilt. Die anorganische Chemie umfasst die Körper und Verbindungen, welche uns das Mineralreich liefert, oder die sich unmittelbar von diesen ableiten lassen; während die organische Chemie die dem Pflanzen- und Tierreich entstammenden Produkte und deren Abkömmlinge umfasst.

VIII.

Der reinen Chemie steht die angewandte Chemie gegenüber, d. h. die Anwendung der Chemie auf andere Zweige des Wissens und Könnens. So spricht man von einer physiologischen Chemie, d. h. der Anwendung der Chemie auf die Physiologie, die Erkenntnis des tierischen und pflanzlichen Lebens im Zustande der Gesundheit, von einer pathologischen Chemie, d. h. ihre Anwendung auf die Erkenntnis des Lebens im Zustande der Krankheit. Man bezeichnet mit mineralogischer, mit geologischer Chemie die Anwendung der Chemie auf die Kenntnisse der Mineralien und des Baues der Erde. Man nennt Agrikulturchemie die Anwendung der Chemie auf die Erkenntnis der Gesetze des Ackerbaues und verehrt mit Recht als den Schöpfer dieses einflussreichen Wissenszweigs Justus von Liebig,[1] dem auch die Physiologie einen grossen Teil ihrer chemischen Grundlage verdankt. Die toxikologische Chemie lehrt die Gifte erkennen, die pharmaceutische lehrt Heilmittel bereiten. Die technische Chemie lehrt die Anwendung der Chemie auf die Gewerbe. Ohne Zahl und

unschätzbar sind die Anwendungen, welche chemische Lehren und häufig die[1] dem praktischen Leben fernstehendsten chemischen Entdeckungen[1] auf die Gewerbe oder Heilkunst gewonnen haben. Der Handel und der Ackerbau werden durch die Erkenntnis einer neuen chemischen Thatsache häufig aus alten Bahnen geworfen und in neue Wege gelenkt. Nach allen Richtungen hin hat die Chemie das Leben und seine Erkenntnis durchdrungen und mit Recht erfreut sie sich immer wachsender Teilnahme. Denn abgesehen von dem nationalökonomischen Vorteil, den sie als Grundlage der Industrie gewährt, teilt sie mit andern weniger populären exakten Wissenschaften den pedagogischen Vorteil, dem Geiste jene Vorsicht und Bescheidenheit mitzuteilen, welche den eignen Sinnen und fremder Autorität in gleicher Weise misstraut und nichts als wahr annimmt,[2] was nicht aus dem läuternden Feuer immer wiederholter Beobachtung mit völliger und ungetrübter Sicherheit hervorgeht.

IX.

Chemische Formeln sind abgekürzte Bezeichnungen für die Zusammensetzung der chemischen Verbindungen. Als Grundlage der Formeln dient das[3] jedem einzelnen Element gegebene Zeichen oder Symbol,[3] welches aus den Anfangsbuchstaben des lateinischen[4] meistens aus dem griechischen abstammenden Namens[4] des betreffenden Elementes gebildet ist. So steht H für *hydrogenium*, d. i. Wasserstoff, O für *oxygenium*, d. i. Sauerstoff, S für *sulfur*, d. i. Schwefel, N für *nitrogenium*, d. i. Stickstoff. Wenn die Namen zweier oder mehrerer Elemente mit demselben Buchstaben anfangen, so fügt man zu dem letzteren noch einen hinzu, z. B. B ist das Symbol für Bor, Bi für Wismut; C ist das Zeichen für Kohlenstoff, Cu für Kupfer (lateinisch

cuprum). Chlor Cl kommt von dem griechischen χλωρός, das gelblich-grün bedeutet, und das ist die Farbe von Chlor. Man sieht, dass durch Annahme dieser Zeichen eine internationale, jedem Chemiker verständliche Schriftsprache geschaffen ist.[1]

Chemische Prozesse sind die Vorgänge, welche bei der Bildung und Zersetzung chemischer Verbindungen stattfinden.[2] Sie vollziehen sich nicht allein in den Kolben[3] und Retorten der Chemiker, es beruhen vielmehr die wichtigsten Vorgänge des Lebens, die[4] der Gesamterhaltung der Natur, die[4] des Werdens[5] und des Vergehens auf chemischen Prozessen. Der Sonnenstrahl, welcher die grüne Zelle des Blattes trifft, ruft einen chemischen Prozess hervor, indem er Kohlensäure und Wasser zersetzt und sie zu organischer Substanz umformt. Die Nahrung wird in ihrer Zubereitung durch chemische Prozesse umgewandelt und für die Ernährung tauglich gemacht; in den Körper gebracht, finden neue chemische Prozesse statt, durch welche ihre Bestandteile umgebildet und so verwandelt werden, dass sie zu Blutbestandteilen werden können. In allen Organen der Tiere wie der Pflanzen vollziehen sich chemische Prozesse, die das Wachstum und die Vermehrung bedingen. Die Erhaltung der Wärme des Körpers ist[6] auf einen ganz bestimmten chemischen Prozess zurückzuführen.[6] Beim Tode beginnen neue chemische Prozesse, durch welche das Material, aus welchem der alte unbrauchbar gewordene Körper zusammengesetzt ist, zu neuen Lebensfunktionen erweckt wird. Aber nicht immer vollziehen sich die chemischen Prozesse so unmerkbar. Wenn wir den mächtig auflodernden Blitz, den betäubenden Donnerschlag einer Pulverexplosion wahrnehmen — wenn wir sehen, wie dabei[7] Gebäude zusammenstürzen, Menschenleben zu Grunde gehen, so haben wir es wieder mit den Folgen eines chemischen Prozesses zu thun: Salpeter, Schwefel und Kohle haben sich zu neuen Ver-

bindungen vereinigt. Wenn im glühenden Flusse aus dem geöffneten Hochofen[1] Hunderte von Centnern geschmolzenen Eisens herausfliessen, so ist ein chemischer Prozess beendet; Eisenoxyd ist durch Kohle in Gusseisen[2] und Kohlensäure verwandelt. Wenn Felsen allmählich zerbröckeln,[3] wenn ihre Trümmer zu Staub zerfallen und zu fruchtbarer Ackererde[4] werden, wiederum sind es chemische Prozesse, durch welche dies herbeigeführt ist; die Bestandteile des Gebirges haben neue Verbindungen eingegangen, durch welche der Zusammenhang der früheren gelockert ist. So gehen um uns her wahrnehmbar und unserem Auge verborgen die mannigfachsten chemischen Prozesse vor sich und zwar ununterbrochen und in steter Reihenfolge; Leben und Sterben ist der Kreislauf eines grossen chemischen Prozesses.

X.

Chemisches Laboratorium nennt man die Arbeitsstätte des Chemikers. Dasselbe dient entweder Lehr- oder Forschungs- oder Erwerbszwecken. In gerechter Würdigung des Einflusses, welchen die Chemie auf sämtliche Naturwissenschaften ausübt, sind gegenwärtig in Deutschland alle höheren Lehranstalten mit[5] zum grossen Teil mustergültig eingerichteten Laboratorien[5] ausgestattet, welche die Aufgabe haben, die Lernenden in die Wissenschaft einzuführen und sie zu der Fähigkeit eigener Forschung auszubilden. Nachdem durch die Vorträge der theoretischen Chemie Kenntnis der chemischen Grundsätze und Kenntnis der allgemeinen Eigenschaften der Körper erworben ist, soll der Schüler im Laboratorium zunächst lernen mit chemischen Körpern umzugehen, gewisse Fertigkeit im Behandeln chemischer Prozesse erwerben und chemisches Denken sich zu eigen machen. Zweckmässig bildet dabei die qualitative Analyse den Anfang; an richtig ausgewählten und systema-

tisch auf einander folgenden Gegenständen lernt dabei der Schüler die Eigenschaften aller häufiger oder seltener vorkommenden Elemente kennen und benutzt dieselben, um in unbekannten Verbindungen die darin enthaltenen Stoffe aufzufinden. Die qualitative Analyse bildet die Grundlage aller ferneren Arbeiten im Laboratorium wie im praktischen Leben des Chemikers; es kann daher nicht zu viel Fleiss auf dieselbe verwandt werden, und man hüte[1] sich, einen Schüler zu anderen Arbeiten übergehen zu lassen, so lange er dieselbe nicht nach allen Richtungen hin[2] vollständig beherrscht. Daran schliesst sich die quantitative Analyse, welche man zweckmässig an[3] von dem Schüler selbst dargestellten Präparaten[3] von chemischer Reinheit und genau bekannter Zusammensetzung ausführen lässt, um ihm selbst zu ermöglichen, die[4] von ihm erlangten Resultate[4] auf ihre Richtigkeit kontrollieren zu können. Dann kann[5] zu einfacheren eigenen Forschungen übergegangen werden.[5]

Ausser den Laboratorien der öffentlichen Lehranstalten gibt es jetzt eine grosse Anzahl von Privatlaboratorien, deren Inhaber sich die Aufgabe stellen, gegen Entgelt[6] chemische Untersuchungen der verschiedensten Art auszuführen, und vielfach von Gewerbtreibenden, Kaufleuten und Fabrikanten benutzt werden, um Auskunft über die verschiedensten Gegenstände des täglichen Lebens zu erhalten. Bei Benutzung derselben vergesse man nicht, dass die Ausführung einer chemischen Untersuchung, wenn sie auf gewissenhafte Weise geschehen soll, eine meist nicht leichte Aufgabe ist, dass sie vielmehr eine Summe von Kenntnis, wie von Arbeitskraft und auch die Verwendung von kostbaren Apparaten und Utensilien erfordert. Mit zweckentsprechend eingerichteten Laboratorien sollten alle Fabriken versehen sein, in denen chemische Prozesse zur Ausführung kommen. Es gibt viele solcher Fabriken, deren grossartiger Betrieb auf rein empirischer Grundlage basiert ist. In diesen ereignet

es sich nicht selten, dass bedeutende Summen vergeudet werden, die durch eine einfache chemische Untersuchung hätten erspart werden können.[1] Da die chemischen Laboratorien den verschiedensten Zwecken zu dienen haben, so müssen ihre Einrichtungen diesen Zwecken angepasst sein; ein für Lehrzwecke dienendes Laboratorium bedarf einer ganz anderen Ausrüstung als das einer Zuckerfabrik, dieses einer anderen wie das einer Sodafabrik. Es lassen[2] sich daher in dieser Beziehung keine allgemein gültigen Normen aufstellen;[2] dasjenige, was für das eine Laboratorium nötig ist, ist für ein anderes überflüssig. Ein mustergültig eingerichtetes Universitätslaboratorium ist das im Jahre 1868 von Kolbe in Leipzig errichtete, in welchem alle notwendigen Einrichtungen in zweckmässigster Weise vereint sind und bei dessen Konstruktion keine Kosten gescheut wurden, durch welche Nützliches hätte geschaffen werden können,[3] während andererseits aller unnötige Luxus vermieden ist.

XI.

Entdeckung des Sauerstoffs.[4]

Im Jahre 1774 wurde von dem englischen Chemiker Priestley[5] und unabhängig von ihm in demselben Jahre auch von dem deutschen Apotheker Scheele[6] und ferner von Lavoisier[7] in Frankreich ein Gas entdeckt, das unter dem Namen Sauerstoff (*oxygenium*) in der Wissenschaft bekannt ist. Diese Entdeckung muss eine Epoche im Bereich des menschlichen Wissens genannt werden, da sie die Grundlage der heutigen Chemie wurde. Ungeachtet dessen, dass Scheele und Priestley vor Lavoisier Sauerstoff in reinem Zustande erhielten, wird die Ehre und das Verdienst der Entdeckung dieses Gases doch nur Lavoisier zugeschrieben und zwar aus einem einfachen Grunde. Es bedeutet wenig, irgend etwas zu entdecken, mag dasselbe noch so wichtig

sein;[1] es ist aber sehr wichtig und nötig, das Verhältnis der neuen Entdeckung zu schon bekannten Thatsachen festzustellen und den Weg zu weiteren Entdeckungen und zweckmässiger Anwendung derselben zu zeigen. Und dies war das Verdienst Lavoisier's.

Die Untersuchungen Scheele's und Priestley's wurden unter dem Einfluss der damals geltenden theoretischen Vorstellungen über den Bestand der Körper geführt. Obwohl die Ergebnisse ihrer Versuche im Widerspruche mit diesen Anschauungen standen, konnten Scheele und Priestley sich nicht von der hergebrachten Theorie lossagen. Der grosse Geist Lavoisier's dagegen verliess, sobald er den Widerspruch der alten Anschauung mit seinen Entdeckungen bemerkte, die bisher befolgten Wege und stellte der Natur[2] Fragen, auf welche dieselbe ihm kategorische und klare Antworten für die Formulierung neuer leitender Grundsätze in der Chemie gab. Es waren Antworten, welche zur Entdeckung vieler[3] neuer in der Natur vorhandener Stoffe[3] führten, unter denen der Sauerstoff den hervorragendsten Platz einnahm.[4]

Schon vorher hatten gründliche Forscher durch Versuche gefunden, dass beim Verkalken[5] der Metalle und beim Atmen etwas aus der Luft angezogen wird; es liess sich also[6] mit Recht daraus folgern, dass die Körper beim Verbrennen, statt einer Bestandteiles beraubt,[7] vielmehr mit einem anderen Stoffe verbunden werden. Gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts wurde dies auch mit völliger Gewissheit dargethan. Zwei der grössten Chemiker, die je gelebt haben, die obenerwähnten Priestley und Scheele, fanden fast gleichzeitig und jeder für sich, dass die atmosphärische Luft aus zwei Luftarten besteht, also nicht einfach ist, dass der eine Bestandteil derselben beim Verbrennen des Schwefels, des Phosphors, beim Verkalken der Metalle, beim Atmen der Tiere angezogen wird, um sich mit den

Körpern zu verbinden, und dass ohne diesen Bestandteil in der Luft kein Brennen und kein Atmen stattfinden könnte. Diese Luftart wurde Feuerluft, auch Lebensluft, reine Luft genannt.

Den zweiten Teil der atmosphärischen Luft, welcher die grössere Menge derselben ausmacht und nicht zu atmen ist, nannte[1] man Stickluft oder verdorbene Luft.

Lavoisier bemühte sich zu zeigen, dass ohne Lebensluft keine Verbrennung möglich und dass das Produkt einer jeden Verbrennung eine Verbindung der brennbaren Substanz mit der wägbaren[2] Grundlage der Lebensluft sei, dass also die Schwefel-, die Kohlensäure u. s. w.,[3] welche durch Verbrennung des Schwefels, der Kohle u. s. w. entstehen, solche Lebensluft-Verbindungen darstellen. Er nannte[4] daher die Lebensluft Oxygen (Sauerstoff). Er wies auch durch sehr sinnreiche und genaue Versuche nach, dass das Wasser aus Sauerstoff und der wägbaren Grundlage der brennbaren Luft bestehe und nannte daher letztere Hydrogen (Wasserstoff). Die verschiedenen Luft- oder Gasarten erklärte er für Verbindungen der wägbaren Stoffe mit einer unwägbaren Materie, die er mit dem Ausdruck 'calorique' (Wärmestoff) bezeichnete. Dieser Wärmestoff, der Sauerstoff, der Wasserstoff, der Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, die Grundlagen der Kohlenwasserstoffe, Boraxsäure, der Kalk, das Natron, die verschiedenen Metalle waren nun die unzerlegten Stoffe, und so kam die Chemie auf einmal zu einer Menge von Elementen, deren Zahl sich durch spätere Entdeckungen immer noch vermehrte. Die französische Revolution entriss Lavoisier seinen geistreichen Arbeiten, indem sie ihn im Jahre 1794 dem Blutgerüste überlieferte.

Wie Scheele war also auch Lavoisier auf Grund seiner Versuche überzeugt, dass die Luft aus zwei verschiedenartigen Gasen besteht. Indem er sich die Priestley'schen

Erfahrungen zu nutze machte, dachte er an einen Versuch, der analytisch und synthetisch die Bestandteile der Luft und ihre quantitativen Verhältnisse nachweisen und auch die Möglichkeit geben sollte, die Eigenschaften der einzelnen Bestandteile zu untersuchen.

Diesen fundamentalen Versuch, den Lavoisier einigemale selbst wiederholte und vor Anderen ausführte, beschreibt er folgendermassen:

"Ich nahm einen geräumigen Kolben[1] mit sehr langem Halse und bog denselben so, dass er sich nach einer Seite neigte[2] und sein Ende die Form eines Hakens[3] bekam. Auf diese Weise konnte die Retorte[1] selbst in den Ofen gebracht werden, während das umgebogene[4] Ende ihres Halses unter eine Glasglocke[5] gestellt war, die in eine Quecksilberwanne[6] tauchte. In den Kolben legte ich 4 Unzen sehr reines Quecksilber, dann zog ich mittelst eines Siphons aus der Glasglocke etwas Luft heraus, so dass das Quecksilber zu einer Höhe stieg, die ich durch Aufkleben[7] eines Papierstreifens bezeichnete. Ich machte in diesem Moment eine genaue Beobachtung über den Stand des Barometers und des Thermometers. Nachdem auf diese Weise alles vorbereitet war, entzündete ich im Ofen ein Feuer, welches ich im Laufe von 12 Tagen immer in einer Stärke erhielt, dass das Quecksilber fast bis zum Siedepunkt erwärmt wurde. Am ersten Tage ereignete sich nichts Besonderes. Obwohl das Quecksilber nicht siedete, verdunstete es fortwährend und begann das Innere[8] des Kolbens mit kleinen Tröpfchen zu bedecken, zuerst mit sehr kleinen, die aber mehr und mehr sich vergrösserten, bis sie schliesslich von selbst herunterfielen und sich mit der übrigen Masse von Quecksilber wieder vereinigten. Am zweiten Tage sah ich auf der Oberfläche des Quecksilbers schwimmende rote Teilchen,[9] die sich bis zum fünften Tage an Zahl und Grösse vermehrten. Als ich nach Ablauf von 12 Tagen bemerkte, dass diese

Teilchen sich nicht weiter vermehrten, löschte[1] ich das Feuer aus[1] und liess das Gefäss abkühlen.

"Der Umfang der Luft im Kolben und in dessen Halse, sowie in dem leeren Teil der Glasglocke war unter normalem Druck und bei normaler Temperatur vor Beginn des Versuches = 50 Kubikzoll; am Schluss des Versuches, bei derselben Temperatur und demselben Druck, war der Umfang der Luft = 42–43 Kubikzoll. Ich sammelte sorgfältig das rote Pulver, das auf dem Quecksilber schwamm, trennte es von dem flüssigen Quecksilber so gut als möglich und wog es; sein Gewicht war 45 Gran.

"Die in der Glocke zurückgebliebene Luft hatte sich auf ⅙ ihres ursprünglichen Umfanges vermindert, war untauglich geworden für das Atmen und unterhielt nicht das Brennen. Tiere, welche ich in diese Luft hineinbrachte, erstickten schon nach einigen Sekunden; und brennende Körper verloschen augenblicklich, als ob ich dieselben in Wasser tauchte. Andererseits nahm ich die 45 Gran des roten Pulvers, welches sich beim Erhitzen des Quecksilbers gebildet hatte, und brachte dasselbe in eine kleine Glasretorte, an welche ich Gefässe zur Aufnahme von flüssigen und gasförmigen Stoffen angefügt hatte.

"Indem ich diese Retorte erwärmte, bemerkte ich, dass die Masse des roten Pulvers zuerst dunkel wurde, und als die Retorte nahe am Glühpunkte stand, in derselben nichts zurückgeblieben war; in den angefügten Gefässen aber fand ich 41½ Gran metallisches Quecksilber und 7–8 Kubikzoll Gas — ein Gas, welches bedeutend stärker, als die gewöhnliche Luft, das Verbrennen von Körpern und das Atmen der Tiere unterstützte."

Lavoisier vereinigte dieses[2] aus dem roten Pulver ausgeschiedene Gas[2] mit der in der Glocke nach dem Erhitzen des Quecksilbers zurückgebliebenen Luft und bekam ein der gewöhnlichen atmosphärischen Luft ähnliches Gemisch.

Zuerst nannte er das so erhaltene Gas 'Luft, die ausserordentlich stark das Atmen unterstützt' ('éminement respirable'), später 'Lebensluft' (air vital), dann 'principe oxygène' und endlich gab er ihm den richtigen Namen 'Oxygène,' welchen er aus den griechischen Wörtern ὀξύς (sauer) und γεννάω (ich erzeuge) ableitete.

Untersuchen wir[1] jetzt die Eigenschaften des Sauerstoffs und seine Verwertung für die Zwecke der menschlichen Bedürfnisse. Der reine Sauerstoff findet, obschon er einen wesentlichen Bestandteil unzähliger Körper bildet, seiner kostspieligen Darstellung halber, nur eine beschränkte Verwendung.

Der Sauerstoff ist unter gewöhnlichem Druck und bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig und lässt sich als solcher durch keinen der fünf Sinne direkt aufnehmen, weil er weder Farbe noch Geruch noch Geschmack besitzt. Da er 1.108 mal schwerer ist als atmosphärische Luft und 1.60 mal schwerer als Wasserstoff ist, kann man ihn aus einem Gefässe in ein anderes mit Luft gefülltes bringen und seine Gegenwart durch einen glimmenden Span beweisen.

Der Sauerstoff lässt sich mit Hülfe von Kälte durch starken Druck zu einer Flüssigkeit zusammenpressen und verdichten. Für sich allein nicht brennbar, unterhält und steigert er die Verbrennung unter grosser Wärmeentwickelung; er ist also eines der wesentlichsten und unentbehrlichsten Mittel, um eine Verbrennung überhaupt zustande kommen[2] zu lassen. Entzündete, bis zum Glühen erhitzte oder nur glimmende Körper, wie z. B. glimmendes Holz, glühendes Eisen, entzündeter Phosphor, brennender Schwefel brennen in reinem Sauerstoffgas hellleuchtend und lebhaft mit grossem Lichtglanz.

Der[3] im Blut durch die Blutkörperchen[4] zurückgehaltene Sauerstoff[3] erzeugt im Organismus chemische Prozesse, die für die Fortdauer des Lebens und die Erhaltung der Wärme

im Körper notwendig sind. Deshalb ersticken schon nach einigen Sekunden Tiere, welche in einen Raum gebracht sind, in dem kein freier Sauerstoff vorhanden ist. Dagegen wirkt reiner Sauerstoff, kurze Zeit und in nicht allzu grosser Menge eingeatmet,[1] auf den tierischen Organismus anregend.[2] Bei grösseren Quantitäten treten bald Krankheitssymptome auf, die mit dem Tode endigen können.

Physik.

I.

Das Wort Physik kommt von dem griechischen φύσις, das Natur bedeutet. Die Physik bezeichnet in weiterer Bedeutung denjenigen Teil der Naturwissenschaft, welcher sich mit der Auffindung der Gesetze beschäftigt, nach welchen die verschiedenen Körper sich bilden und verändern, sowohl in ihren äusseren Formen als innern Zusammensetzungen, sowie in ihren Beziehungen gegen andere, nähere oder entferntere Körper. In diesem Sinne umfasst die Physik die Physiologie, die Chemie und die Physik im engeren Sinne. Diese letztere, die hier allein in Betracht kommt, behandelt alle diejenigen Veränderungen in den Formen und den Beziehungen der unorganischen Körper, welche ohne einen Wechsel der stofflichen Zusammensetzung eintreten, und sucht die Gesetze für dieselben aufzustellen. Zur Erreichung dieses Ziels schlägt die Physik einen zweifachen Weg ein, den der blossen Beobachtung und den des Versuchs oder des Experiments. Bei der blossen Beobachtung folgt der Physiker den einzelnen Erscheinungen, wie sie ihm gerade die Natur in einer gewissen Reihenfolge vorführt, mit Aufmerksamkeit und sucht ihren Zusammenhang zu erkennen. Beim Versuch greift[1] er selbständig in den natürlichen Verlauf der Vorgänge ein[1] und lässt, um die Wirkungsweise der einzelnen Kräfte deutlicher darzulegen, die Körper unter Verhältnissen auf einander wirken, unter welchen sie die Natur im gewöhnlichen Laufe der

Dinge zu jener Zeit nicht, ja selbst wohl niemals zusammengeführt haben würde. Mit Hilfe der Mathematik lassen sich dann aus den[1] an künstlichen Vorrichtungen wahrgenommenen Erscheinungen[1] die Gesetze der Wirkungsweise der zu Grunde liegenden[2] Kräfte herleiten.[3]

II.

Wenn auch die Bestrebungen zu einem Anfange der Physik bis auf die alten griechischen Philosophen wie Thales,[4] Anaximenes,[5] u. s. w. zurückgehen, so ist doch der Gewinn, den das Altertum dieser Wissenschaft gebracht hat, ein sehr geringer gewesen. Die alten Philosophen glaubten im allgemeinen, entgegengesetzt der Methode der heutigen Naturforschung, schneller ans Ziel zu gelangen, wenn sie, von einem allgemeinen Prinzip ausgehend, das Wesen der Dinge zu erkennen versuchten. Das Experiment, als Prüfstein des richtigen Vorschreitens, blieb ihnen um so mehr fremd, als ihre Ideen zum grossen Teil sehr unbestimmt waren und eben deshalb eine Anwendung auf die Wirklichkeit nicht gestatteten. Sobald klare Ideen mit dem Experiment sich verbanden, wie bei den Untersuchungen des Archimedes[6] über den Hebel und das Verhalten der in Wasser eingetauchten Körper, musste man sofort zur Auffindung der wahren Gesetze gelangen. Ausser jenen Arbeiten des Archimedes sind aus dem Altertum nur noch die Optik des Euklid,[7] die auf Flüssigkeiten sich beziehende Schrift des Hero von Alexandria,[8] sowie die namentlich von seiten der pythagorischen Schule[9] ausgeführten Untersuchungen über die Tonverhältnisse erwähnenswert.

Aber auch das Mittelalter hat die Entwickelung der Physik nicht gefördert. Zu dem Mangel an mathematischen Kenntnissen trat damals in der christlichen Welt noch die Herrschaft der scholastischen Philosophie,[10] während an-

dererseits die Araber, so sorgfältig sie auch[1] die Lehren des Altertums bewahrt haben, doch nicht hinreichende geistige Freiheit und Kraft zu einer selbständigen Entwickelung der Wissenschaft besassen. Der von den Arabern herrührende Gewinn beschränkt sich auf einige wenige Sätze der Optik, die mit der[2] von ihnen vorzugsweise gepflegten Astronomie[2] im Zusammenhang standen.

III.

Erst mit dem allgemeinen Wiedererwachen der Wissenschaften beginnt auch für die Physik eine neue Periode der Entwickelung. Als erster siegreicher Kampf gegen die Autorität der frühern Lehre erscheint die Aufstellung des neuen Sonnensystems durch Kopernikus.[3] Vor allem aber war es Galilei,[4] der zuerst in strenger Weise den Weg des Versuchs einschlug und dessen Bedeutung für eine erfolgreiche Erforschung der Natur durch seine eigenen glänzenden Entdeckungen in der Lehre von der Bewegung der Körper und vom Licht nachwies. Fast gleichzeitig unternahm Gilbert[5] in England eine experimentelle Untersuchung der magnetischen Kraft, bei welcher er auch die Anfänge der Elektricitätslehre schuf, und etwas später entdeckte Kepler[6] die Gesetze der Bewegung der Planeten in ihrem Laufe um die Sonne. War[7] bis dahin die Forschung vorzugsweise auf die Aufstellung der Gesetze gerichtet, denen die Erscheinungen in der Natur folgen, so begann man bald auch nach den Gründen zu fragen, welche jene Erscheinungen bedingen. Indes traten[8] Mangel an Ausbildung der Mathematik, namentlich der Mechanik, besonders aber auch der damals noch sehr beschränkte Kreis genau beobachteter Erscheinungen als wesentliche Hindernisse einer erfolgreichen Entwickelung[9] der Physik nach dieser Seite hin entgegen.[8] Doch die

Kenntnis der Thatsachen schritt ohne Unterbrechung vorwärts. Snell[1] und Descartes[2] gaben das wahre Gesetz für die Brechung des Lichts. Otto von Guerike[3] berichtigte und erweiterte durch die Erfindung der Luftpumpe die Kenntnis der Eigenschaften der Luft und zeigte die wichtigsten Eigenschaften der elektrischen Kraft, die jedoch von seinen Zeitgenossen nicht verstanden wurden. Huyghens[4] führte die von Galilei begonnenen Untersuchungen über das Pendel weiter und benutzte dieses zur Regulierung der Uhren, lehrte auch die Gesetze der Centrifugalkraft und des Stosses kennen. Für die Optik schuf er (1690) die Grundlage der jetzt geltenden Wellentheorie.

IV.

Eine neue Epoche begann für die Physik mit der Aufstellung des Gravitationsgesetzes durch Newton.[5] Gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts fing die Elektricitätstheorie an rasch vorwärts zu schreiten. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Substanzen als Leiter und Nichtleiter (Isolatoren) wurde entdeckt. Das Vorhandensein zweier verschiedener Modifikationen der elektrischen Kraft wurde nachgewiesen, der sogenannten positiven und negativen Elektricität, deren Auftreten Franklin[6] durch eine grössere oder geringere Anhäufung des elektrischen Fluidums glaubte erklären zu können. Nach dieser Auffassung bildete sich Franklin seine Theorie über elektrische Ladung[7] und Entladung, die ihn zu der Erklärung des Blitzes als eines elektrischen Funkens führte (1752). Die speciellen Gesetze über die Anziehungen und Abstossungen elektrischer und magnetischer Massen gab gegen Ende des 18. Jahrhunderts Coulomb.[8] In der Wärmelehre wurde die Ausdehnung der Körper, besonders der Gase und Flüssigkeiten, seit dem Ende des 17. Jahrhunderts zur Messung

der Temperatur benutzt; doch dauerte es noch sehr lange, ehe das Thermometer ein wahres Messinstrument wurde.

V.

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts erkannte Black,[1] dass zum Erhitzen gleichgrosser Massen chemisch differenter Substanzen verschiedene Wärmemengen (spezifische Wärme) erforderlich sind. Er erkannte auch, dass beim Übergange des festen Zustandes in den flüssigen und ebenso des flüssigen in den gasförmigen eine gewisse Wärmemenge gebunden wird (Blacks latente Wärme); er fand auch, dass bei dem Rückwärtsgehen aus dem gasförmigen in den flüssigen und festen Zustand dieselbe Wärmemenge wieder frei wird. Auch die Ansichten über die Dampfbildung klärten sich immer mehr, so dass Dalton[2] zu Anfang des 19. Jahrhunderts eine richtige Darstellung ihres Verhaltens zu geben vermochte. Ein ganz neues Feld eröffnete sich der Elektricität durch die Entdeckung Galvanis[3] (1791): der Erregung[4] von Zuckungen[5] in frisch getöteten Fröschen durch Belegungen aus zwei verschiedenen Metallen. Diese Entdeckung führte Volta[6] mittelst des von ihm konstruirten Kondensators zur Entdeckung der Kontaktelektricität, sowie zur Konstruktion der nach ihm genannten Säule. Nicholson[7] zeigte sehr bald die zersetzende Eigenschaft des Stroms dieser Säule, der für Humphrey Davy[8] 1807 das Mittel zur Darstellung der Metalle der Alkalien und Erden wurde. Die magnetischen Eigenschaften eines von einem elektrischen Strome durchflossenen Drahtes fand 1820 Örsted[9] (Elektromagnetismus). Unmittelbar darauf beobachtete Ampère[10] die Einwirkung zweier solcher elektrischer Leitungsdrähte auf einander (Elektrodynamik) und lehrte Arago[11] durch den elektrischen Strom weiches Eisen

magnetisch zu machen. Dann folgte durch Seebeck[1] 1822 die Entdeckung des sogenannten Thermomagnetismus, d. h. die Erzeugung elektrischer Ströme durch Erwärmung der Verbindungsstelle zweier heterogener Metalle. Hieran schloss sich 1832 die Entdeckung der sogenannten elektrischen Induktion durch Faraday.[2] Im Jahre 1845 zeigte ebenderselbe, dass alle Körper, auch die sogenannten nichtmagnetischen, eine Einwirkung des Magnetismus, und zwar abstossende (Diamagnetismus), erfahren. Die Kenntnis des Magnetismus unserer Erde war im Laufe des 19. Jahrhunderts besonders durch Humboldt,[3] Hansteen[4] und Gauss[5] gefördert worden. Auf Newtons Autorität gestützt, behauptete im 18. Jahrhundert die sogenannte Emanationstheorie des Lichts die Herrschaft, musste sie aber nach und nach im Anfang des 19. Jahrhunderts an die bereits von Huyghens[6] in ihren Grundzügen aufgestellte Undulationstheorie abtreten. Es wurde von Th. Young[7] und Fresnel[8] nachgewiesen, dass die Emanationstheorie unvereinbar sei mit den Erscheinungen der sogenannten Interferenz (Farben dünner Blättchen, Beugung u. s. w.[9]) und der von Malus[10] entdeckten Polarisation nebst den zahlreich dadurch erzeugten und von Arago[11] und anderen beobachteten Phänomenen, während die Undulationstheorie diese Erscheinungen ebenso wie die schon länger bekannten Vorgänge mit Leichtigkeit erklärte. Der von Seebeck[12] entdeckte Thermomagnetismus gewährte Melloni[13] ein Mittel zur genauern Untersuchung der Erscheinungen der strahlenden Wärme, die sich in allen Beziehungen den Lichtstrahlen analog zeigte, was die Auffassung sämtlicher Wärmevorgänge als Schwingungserscheinungen der Moleküle wahrscheinlich machte. Die Vorstellung von einem inneren Zusammenhang der verschiedenen Kräfte führte J. R. von Mayer[14] und Joule[15] (1843–49) zu dem Nachweise, dass eine gewisse Arbeitsleistung einer gewissen Wärme-

menge äquivalent ist. Also für jede verschwundene Wärmemenge kann eine gewisse Arbeit geleistet und, umgekehrt,[1] durch jede aufgewandte Arbeit eine entsprechende Wärmemenge erzeugt werden (mechanische Wärmetheorie).

VI.[2]

So darf also unser Jahrhundert mit einem gewissen Stolz auf eine grosse Reihe wichtiger Entdeckungen zurückblicken, durch welche wir in den Stand gesetzt sind, die Naturkräfte unserem Willen dienstbar zu machen. In vielen Fällen war allerdings nur nötig, Vermächtnisse weiter zurückliegender Zeiten unter neuen Gesichtspunkten zu verwerten. Ein Gebiet aber gibt es, das unser Jahrhundert als sein unbeschränktes Eigentum für sich in Anspruch nehmen kann, nämlich das Gebiet des Galvanismus; denn erst vor ungefähr hundert Jahren machte Galvani die ersten Beobachtungen über Erscheinungen, welche durch die nach ihm benannte Elektricität hervorgerufen werden. Und gerade dem Galvanismus war es vorbehalten, dem rastlosen Getriebe unserer Zeit seinen eigenartigen Stempel aufzudrücken. 1833 konstruirte Gauss[3] in Göttingen den ersten brauchbaren galvanischen Telegraphen, 1866 wurde Amerika durch das Kabel mit Europa verbunden und an die unzähligen Drähte, die teils über, teils unter der Erde den elektrischen Funken im Dienste der Menschheit leiten, schliessen sich seit dem letzten Jahrzehnt auch noch die Fernsprecheinrichtungen,[4] mit denen jetzt schon alle grösseren Städte versehen sind. Ohne Zweifel ist der Telegraph die wichtigste Erfindung unseres Jahrhunderts; es hat sich aber zu ihm in neuerer Zeit noch eine Maschine gesellt, die wie er dem Gebiete des Galvanismus angehört und gleichfalls ein wichtiger Faktor in der Kulturentwicklung zu werden verspricht. Es ist dies die Dynamomaschine mit

allen ihren zahlreichen Verwendungen. Wohl arbeitet sie zum grössten Teil noch in engbegrenzten Räumen; als Lichtmaschine ist sie aber wegen des sonnenhellen Glanzes, mit dem sie unser Auge zu blenden vermag, schon jedwedem[1] bekannt und immer häufiger wird auch die Anwendung derselben als Bewegungsmaschine. Vielleicht ist die Zeit nicht mehr allzufern, in der jedes Haus, wenigstens in den Städten, ausser mit einer Leitung von Gas und Wasser auch mit einer Leitung von Elektricität versehen ist.

VII.

Elektricität heisst ein eigentümlicher Zustand, in welchen alle Körper zunächst durch Reiben oder andere mechanische Molekularstörungen[2] (Spaltung, Stoss und Druck), dann auch durch verschiedene physikalische, chemische und selbst physiologische Prozesse vorübergehend versetzt werden können. Körper, welche jenen eigentümlichen oder elektrischen Zustand angenommen haben, nennt man elektrisch. Papierschnitzelchen,[3] Metallflitter,[4] Holundermarkstückchen[5] und andere leichte Körperchen werden von den elektrischen Körpern angezogen[6] und darauf wieder abgestossen.[7] Obwohl noch andere Eigentümlichkeiten (bläulicher Lichtschimmer, elektrischer Funke u. dgl. m.[8]) des elektrischen Zustandes auftreten können, so hat man doch die elektrische Anziehung und elektrische Abstossung und namentlich die letztere als das empfindlichste und verlässlichste Kennzeichen des Vorhandenseins von Elektricität ausgewählt und darauf Instrumente gegründet, welche Elektricitätsanzeiger oder Elektroscope heissen. Die letzte Ursache des elektrischen Zustandes nennt man ebenfalls Elektricität, elektrische Kraft oder elektrische Energie. Ob das Wort Elektricität im Sinne des elektrischen Zustandes oder der

elektrischen Energie (Kraft) genommen ist, ergibt sich stets aus dem jeweiligen[1] Inhalte des Satzes.

Das Altertum kannte von elektrischen Erscheinungen nur die Anziehung leichter Körperchen durch den geriebenen Bernstein[2] (Elektron). Erst der englische Arzt W. Gilbert[3] zeigte um 1600, dass ausser dem Bernstein auch noch eine grössere Anzahl anderer Substanzen, wie Glas, Edelsteine, Schwefel, Harze[4] u. s. w., durch Reiben dieselbe Eigenschaft, leichte Körper anzuziehen, erlangten. Bis zu seiner Zeit hielt man die elektrischen Erscheinungen für identisch mit den magnetischen; erst er wies[5] die[6] zwischen jener Anziehung und der Anziehung eisenhaltiger Körper durch einen Magnet vorhandenen Unterschiede[6] nach[5] und bezeichnete die Kraft, von welcher die erstere hervorgebracht wird, mit dem Namen der elektrischen, weil derlei Erscheinungen zuerst am Elektron (Bernstein) beobachtet worden waren. Indes von da an vergingen noch mehr als hundert Jahre, bevor die Kenntnis dieser elektrischen Kraft sich zu erweitern begann, denn die wichtige elektrische Abstossung, welche Otto von Guerike[7] zuerst beobachtet hatte (1663), ward erst später verstanden. Guerike erkannte auch schon den bläulichen Lichtschimmer (nicht zu verwechseln mit dem elektrischen Funken) beim Reiben seiner Schwefelkugel, sowie das elektrische Knistern. Eine raschere Entwickelung der Elektricitätslehre beginnt jedoch erst mit der Entdeckung Grays, dass gewisse Körper der Elektricität[8] eine leichte Fortpflanzung gestatten, dagegen andere ihrer Fortbewegung[8] einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen, zu welchen letzteren gerade diejenigen gehörten, an welchen man bis dahin nach dem Reiben Elektricität bemerkt hatte. Die erste Klasse der Körper bezeichnet man jetzt mit dem Namen der elektrischen Leiter (Konduktoren); sie umfasst z. B. alle Metalle, das Wasser und die mit Wasser überzogenen oder durch-

drungenen Substanzen, sowie die bis zum Schmelzen erhitzten Salze, ferner verschiedene Körper, wenn sie feucht sind, so z. B. feuchte Luft, Holundermark, Stroh, Leinen, Baumwolle, Papier, dann auch lebende Pflanzen, Tiere und Menschen, den Erdkörper u. v. a.[1] Die zweite Klasse dagegen belegt man mit dem Namen der elektrischen Nichtleiter oder Isolatoren; sie heissen auch dielektrische[2] Körper und müssen möglichst trocken sein und man rechnet z. B. dazu Seide, Glas, Harz, Bernstein, Schwefel, Schellack und die trockne atmosphärische Luft. Die bestisolierende feste Substanz ist guter Schellack. Streng genommen[3] gibt es, ausser dem luftleeren Raum, keine eigentlichen Nichtleiter, sondern nur schlechte Leiter, welche man gewöhnlich als Nichtleiter bezeichnet. Körper, welche in der Mitte zwischen guten und schlechten Leitern stehen, nennt man Halbleiter. Zu diesen gehören Alkohol, Äther, trockenes Holz u. a. Durch Grays Entdeckung war es möglich geworden, die[4] durch Reiben eines nichtleitenden Körpers erregte Elektricität[4] auf einen andern leitenden Körper zu übertragen und auf ihm zurückzuhalten, indem man denselben überall mit Nichtleitern umgab (isolierte).

Durch derartige Mitteilung der Elektricität an isolierte Körper vermochte man bald darauf das gegenseitige Verhalten der[4] durch Reiben in den verschiedenen Körpern erzeugten Elektricität[4] zu prüfen und nachzuweisen, dass die[4] durch Reiben des Glases und Siegellackes (Harzes) mit Wolle erregten Zustände[4] zwei verschiedene einander gerade entgegengesetzte Modifikationen der elektrischen Kraft darstellen. Hierzu diente das einfachste Elektroscop oder das elektrische Pendel, d. i. ein isoliert hängender und leichter Leiter, z. B. ein an einem Seidenfaden befestigtes Holundermarkkügelchen. Während nämlich sowohl das geriebene Glas wie auch der geriebene Siegellack (Harz) das Kügelchen anzogen und darauf abstiessen, sich mithin

gleich verhielten, ergab sich ihre Einwirkung auf das Kügelchen, wenn ihm *schon zuvor* Elektricität mitgeteilt worden war, sehr verschieden. Hatte[1] nämlich dieses Kügelchen seine Elektricität durch eine geriebene Glasröhre[2] erhalten, so wurde es von einer[3] durch Reiben in ganz gleicher Weise elektrisch gemachten Glasröhre[3] zurückgestossen, dagegen von einer durch Reiben elektrisch gemachten Siegellackstange (Harzstab) angezogen. Hatte dasselbe dagegen seine Elektricität durch eine geriebene Siegellackstange erhalten, so wurde es, gerade umgekehrt, von einer geriebenen Siegellackstange abgestossen, von einer geriebenen Glasstange aber angezogen. Dufay unterschied daher diese beiden Modifikationen der elektrischen Kraft als Glaselektricität[4] und Harzelektricität,[5] während man sie etwas später als positive (+) und negative (—) Elektricität bezeichnete und diese Benennung bis heute behielt. Aus obigen Versuchen lässt sich schliessen: gleichnamige Elektricitäten und daher auch gleichnamig elektrisierte Körper stossen sich ab, ungleichnamige dagegen ziehen sich an. Ungleichnamige oder entgegengesetzte Elektricitäten von gleicher Menge vereinigen sich mit einander bei ihrem Zusammentreffen und heben sich in ihren Wirkungen auf; man sagt dann, sie neutralisieren sich.

VIII.

Galvanismus.[6]

Wenn die Frösche eine Zeitrechnung haben, so müssen sie das Jahr 1790 als einen Wendepunkt[7] ihrer Existenz ansehen, und nach dem Schicksal, welchem sie seit jenem Jahre verfallen sind, wäre es nicht wunderbar, wenn sie von da ab ein ehernes[8] Zeitalter rechneten. Denn Jahrtausende lang hatte das kaltblütige Geschlecht seinen naturgemässen

Kreislauf vollendet, in freier Entwicklung sich entfaltet, gelebt und geliebt, durch nichts in seinen Bestrebungen unterbrochen, als etwa durch die Gelüste eines Gourmands, welchem aus dem zahllosen Geschlecht einige Schenkel geopfert wurden. Mit der französischen Revolution aber, wenn auch nicht durch dieselbe bedingt, verfielen die Frösche einem Verhängnis, dem sie kaum jemals wieder entgehen können. Gehetzt,[1] gefangen, gequält, geschält, geköpft, getötet — ja, wenn es dies nur wäre, möchte es angehen,[2] das müssen sich alle Geschöpfe gefallen lassen,[3] deren Fleisch einen Braten, deren Haut einen Riemen,[4] deren Feder einen Schmuck oder deren Saft sonst etwas hergeben kann. Mit dem Tode ist denn doch die Qual vorbei. Wenn der Maulwurf aber, indem ihn die vom Bauer gelegte tückische Schlinge[5] in die Luft schnellt and heftige Atmungsbeschwerden seinem Leben die grösste Gefahr bereiten, wenn dieser den im nahen Sumpfe quakenden Frosch[6] um den Vollgenuss des Lebens beneidet, so ist er dümmer als ein Esel. Sobald er das Sterben überkommen hat, ist seine Qual zu Ende. Beim Frosch geht sie da erst an.

Der Frosch ist seit 1790 ein physikalischer Apparat. Sein Leben gehört nicht mehr der Natur — es ist der Wissenschaft verfallen. Der Tod selbst hat diesem neuen Eigentümer gegenüber seine Macht verloren. Der Frosch darf, obwohl ihm der Kopf abgeschnitten, die Haut abgezogen, die Muskeln aus einander geschält, das Rückgrat durchstochen worden ist u. s. w. — er darf noch nicht zur Ruhe eingehen, auf das Geheiss des Physikers müssen seine Nerven sich noch regen, seine Muskeln noch zusammenzucken, bis das letzte Tröpfchen Lebensfeuchtigkeit vertrocknet ist. Wie der Hanswurst[7] in der Komödie, muss er Munterkeit heucheln und tolle Sprünge machen, wenn ihm auch das Herz gebrochen ist.

Armes Tier! Und alles das hat Galvani auf dem Gewissen. Galvani, mit seinem vollen Namen Luigi Aloisio Galvani, war von 1775 an Professor der Anatomie an der Universität zu Bologna, seiner Vaterstadt, in der er am 9. September 1737 geboren worden war, und die er auch selten nur verlassen hat. Im Jahre 1797 seiner politischen Gesinnung wegen eine kurze Zeit von seinen Ämtern removiert, jedoch bald wieder in dieselben eingesetzt, starb er zu Bologna am 4. Dezember 1798. Seine Untersuchungen erstreckten sich ausser auf rein anatomische Gegenstände auch auf solche von physiologischer Natur, wie auf die Nervenreizbarkeit, und dabei war es, dass der Anatom eine Entdeckung machte, an der[1] Physiker bisher spurlos vorübergegangen waren. Die Geschichte war aber so:

Die Gattin des Bologneser Naturforschers war krank, und zu ihrer Stärkung wurden ihr die Brühen von Froschkeulen verordnet. Eines Tages, wie erzählt wird am 6. November 1780, lag nun zufällig eine Anzahl zu[2] diesem Zwecke abgehäuteter Frösche in dem Zimmer des Professors, welcher mit mehreren Genossen beschäftigt war, elektrische Versuche zu machen, da, wie er glaubte, der Elektricität[3] bei den Muskel- und Nervenfunktionen des Körpers eine wesentliche Mitwirkung zugeschrieben werden müsse.[4]

Bei diesen Versuchen wurde bemerkt, dass die getöteten Frösche allemal in eigentümliche Zuckungen gerieten,[5] wenn aus dem Konduktor der Elektrisiermaschine ein Funke schlug. Galvani vermutete eine Einwirkung der in der Luft enthaltenen Elektricität auf die Nerven, und um diese zu erforschen, hing er präparierte Froschschenkel mittels eines gebogenen kupfernen Drahtes an seinem eisernen Balkongeländer auf und suchte sie durch Hin- und Herschwenken mit möglichst viel Luft in Berührung zu bringen. Indessen verhielten sich dieselben ganz ruhig; wenn sie aber bisweilen an das Eisengeländer anschlu-

gen, dann zuckten sie bei jeder solchen Berührung heftig zusammen.[1]

Diese Thatsache und eine Anzahl[2] unter verschiedenen Abänderungen des Versuchs beobachtete, nicht minder merkwürdige Erscheinungen,[2] welche Galvani mit genauer Schilderung der Umstände veröffentlichte, machte[3] grosses und gerechtes Aufsehen. Galvani dachte sich,[4] dass durch die metallische Leitung eine besondere, der Elektricität ähnliche Flüssigkeit, welche nach ihm die galvanische Flüssigkeit genannt wurde, von den Nerven zu den Muskeln übergeführt werde,[5] und der Körper, der sich nach dieser Theorie wie eine geladene Leidener Flasche[5] verhalten würde, durch die Entladung in Zuckungen versetzt werde. Ein grosser Teil der Gelehrten hielt ziemlich lange an dieser Erklärung fest, trotzdem sie sehr bald durch die ausgezeichneten Untersuchungen Alexander Volta's widerlegt und an ihre Stelle eine neue und bei weitem bessere Theorie gesetzt wurde.

Volta ist zu Como am 19. Februar 1745 geboren. Bis zu Ende der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts war er Professor der Physik an dem Gymnasium[6] seiner Vaterstadt, späterhin nahm er den physikalischen Lehrstuhl zu Pavia ein, bis zum Jahre 1804, wo er verabschiedet wurde. Napoleon I. ehrte den berühmten Forscher durch Ernennung zum Grafen und Senator von Italien; der Kaiser Franz[7] im Jahre 1815 zum Direktor der philosophischen Universität zu Padua. Das Ende seines Lebens verbrachte der grosse Gelehrte zu Como; er starb hier am 5. März 1827. Nahe seinem Geburtshause hat man seinem Andenken eine Marmorstatue errichtet.

Der elektrische Strom, Galvanismus. — Volta hatte als das Wesentliche in dem Galvani'schen Versuche erkannt, dass die metallische Leitung aus zwei verschiedenen Metallen, welche mit einander in Berührung gebracht werden,

bestehen müsse, und unsere Leser können sich von den galvanischen Fundamentalversuchen selbst überzeugen, wenn sie nach Anleitung von Fig. 1 einen Kupferdraht *c* und einen Zinkdraht *z* mit einander verlöten[1] oder auch nur durch Umwickeln in innige Berührung bringen, und mit dem einen Draht die Schenkelnerven, welche durch Abtrennung der untersten Rückenwirbel[2] bloss gelegt worden sind, mit dem anderen aber die Schenkelmuskel eines Frosches berühren. Bei jeder Berührung, sowie bei jeder Unterbrechung der Berührung, wird die Muskel in Zuckungen gerathen und diese Empfindlichkeit erhält sich ziemliche Zeit noch nach dem Tode des Tieres. Volta zeigte, dass bei Berührung zweier verschiedener Leiter fortwährend Elektricität entwickelt werde, und nahm an, dass an der Berührungsstelle das neutrale elektrische Gemisch sich zerlege, die positive Elektricität nach dem einen, die negative nach dem andern Metalle hin abströme. Da die Erzeugung und das Abfliessen der Elektricität ohne Unterbrechung fortdauert, so ist das Produkt ein galvanischer Strom genannt worden. Die Elektricität selbst ist nur in der Art ihrer Entstehung von der durch Reibung erzeugten verschieden, in allen ihren Eigenschaften aber derselben entsprechend. Ihren Entdeckern zu Ehren nennt man sie Galvanismus oder Voltaismus. Zur Erzeugung eines elektrischen Stromes ist aber ausser den beiden verschiedenen Metallen

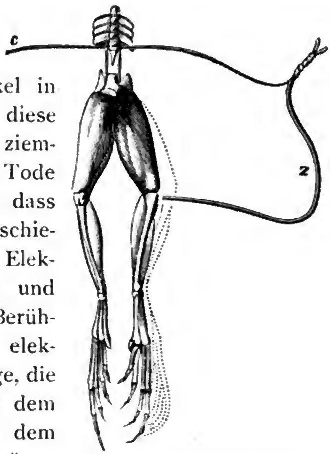


Fig. 1. — Der Volta'sche Versuch.

noch ein feuchter Leiter, der mit beiden in Berührung steht, notwendig, und wahrscheinlich ist der Ort der Elektricitätsscheidung nicht an der Berührungsstelle der Metalle, sondern an der Kontaktfläche derselben mit der Flüssigkeit zu suchen.

Elektromotorische Kraft. — Die Kraft, welche an der Berührungstelle die Elektricitäten scheidet, hat man elektromotorische Kraft genannt, ohne über ihre Natur eine scharfe Vorstellung zu haben. Es dürfte indessen als am wahrscheinlichsten[1] angenommen werden, dass, wie bei der Elektrisiermaschine die infolge mechanischer Kraftleistung erzeugte,[2] hier die[3] bei chemischen Prozessen freiwerdende Wärme[3] in Elektricität umgesetzt wird. Denn die chemischen Vorgänge spielen bei der Erzeugung der Berührungselektricität eine so bedeutende Rolle, dass wir sie als eine allgemeine und notwendige Bedingung ansehen können, und wo es uns nicht gelingt, sie direkt zu beobachten, wir lediglich den Grund in ihrer Subtilität und der Unvollkommenheit unserer sonstigen Erkennungsmittel suchen müssen.

Es liegt schon im Begriff des elektrischen Stromes, dass zur Erzeugung desselben die beiden berührenden Körper Leiter sein müssen. Namentlich erweisen sich die Metalle deshalb von grosser Fähigkeit. Allein die elektricitäterregende, elektromotorische Kraft ist nicht bei allen gleich gross, sondern es findet unter ihnen ein sehr merkwürdiges Verhalten sowohl in Bezug auf die Qualität als auch auf die Quantität der Elektricität statt. Während Kupfer, mit Zink berührt, negativ elektrisch wird und das Zink positiv, wird es, mit Gold in Kontakt gebracht, positiv und das Gold negativ, und so ist sein Verhalten, wenn es auch gegen dasselbe Metall immer dasselbe bleibt, doch gegen verschiedene auch ein verschiedenes. Die Leiter lassen sich daher in eine Reihe derart neben einander stellen, dass

jeder derselben negativ elektrisch wird, wenn er mit einem der vorhergehenden in Berührung gebracht wird; dagegen positiv, wenn er von einem der nachfolgenden berührt wird. Diese Reihe heisst die elektrische Spannungsreihe und ist für die hauptsächlichsten Elemente die folgende: Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle. Je weiter in ihr zwei Körper von einander abstehen, um so stärker ist die zwischen ihnen waltende elektromotorische Kraft.

Galvanisches Element. — In der einfachsten, abgerundet-



Fig. 2. — Elektricitätserzeugung durch Berührung.

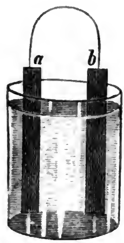


Fig. 3 — Galvanisches Element.

sten Form sehen wir den Vorgang des galvanischen Stromes bei einem sogenannten Elemente. Ein solches besteht aus weiter nichts als aus zwei verschiedenartigen Stücken Metall, die an der einen Seite sich berühren, während sie auf der andern durch eine leitende Flüssigkeit mit einander verbunden sind. In Fig. 2 ist z. B. ein Zinkstreifen mit einem Kupferstreifen an der obern Kante zusammengelötet und in ein Gefäss mit Salzwasser gestellt. Die elektromotorische Kraft scheidet an[1] den einander gegenüber liegenden Berührungsflächen der Metalle[1] mit der Flüssigkeit die elektrischen Gemische, die positive Elektricität sammelt sich auf dem Kupfer; die negative auf dem Zink,

an der Berührungsstelle vereinigen sie sich. In dem Masse, wie die Vereinigung stattfindet, scheidet sich aber in der Flüssigkeit wieder Elektricität aus, die immer in derselben Art und ununterbrochen zur Vereinigungsstelle abströmt. Die Richtung[1] dieses elektrischen Stromes ist man übereingekommen nach der Richtung der positiven Elektricität zu bezeichnen; man sagt also hier, der Strom bewegt sich innerhalb der Flüssigkeit in der Richtung vom Zink zum Kupfer, ausserhalb der Flüssigkeit umgekehrt.

Es leuchtet ein, dass der elektrische Strom in derselben Weise stattfinden muss, wenn auch Zink und Kupfer nicht wie in Fig. 2 direkt mit einander in Berührung stehen, sondern wenn zwischen beiden ein anderer Leiter eingeschaltet ist, wie der[2] die beiden Metallplatten *a* und *b* verbindende Draht[2] in Fig. 3. Der Umstand, dass die Grösse der eintauchenden Oberflächen für den galvanischen Effekt massgebend ist, begünstigt ganz besonders die chemische Theorie der Stromentwicklung, welcher sich jetzt die Physiker immer entschiedener gegen die ältere Kontaktheorie zuneigen, der zufolge die Elektricität eigentlich aus nichts hätte entstehen müssen.[3]

IX.

Die Erfindung des Blitzableiters.[4]

Die dunkle, trübe Farbe, in die sich bei einem Gewitter der Himmel hüllt, das unheilverkündende Schweigen, welches dem nahen Ausbruch vorauszugehen pflegt,[5] der Sturm und Wirbel, der die verderbliche Wolke über unser Haupt führt — sie scheint sich zu öffnen und lässt dem erschrockenen Auge ein Meer von Feuer erblicken — fürchterliches Krachen, mit welchem der Donner sein langanhaltendes Rollen anhebt, bis es endlich, durch das Echo in den verschiedenen Luftschichten unterhalten,[6] in einem fernen fin-

stern Grollen dahinstirbt ; vor allem aber der Blitz, der wie eine glühende Peitsche auf die Erde zuckt und Tod und Verderben, wo er einschlug, zurücklässt — alle diese Phänomene, majestätisch und erschütternd, üben auf die Einbildung den mächtigsten Einfluss und lassen in der Kindheit der Völker die Vorstellung von dämonischen Äusserungen göttlichen Willens im Gewitter entstehen. Jupiter regiert die Welt und der Blitz ist das Werkzeug seiner Kraft. Wohl alle Religionsanfänge identifizieren die oberste Gottheit mit der Ursache der Gewitter, und so lange eine naive Naturreligion sich unvermischt erhält, fragt man auch nicht nach anderen Ursachen dieser Erscheinung. Man nahm das Gewitter, wie die Sonne, das Wasser und die ganze Natur auf guten Glauben, ohne lange nach Gründen zu suchen,[1] und ertrug die schädlichen Einwirkungen als eine Schickung mit demüthiger Ergebung. Man konnte den Griffel nicht führen, der dem Blitze seine Bahn vorschreibt.

Erst nach der Reformation betrat man die richtigen Wege, auf denen man den tieferliegenden Ursachen der Dinge nachgehen konnte. In Bezug auf das Gewitter waren die aus diesem Bestreben hervorgehenden Ansichten freilich oft unglücklich genug. Man hielt den Blitz (Boerhaave[2] und Muschenbroek[3] noch, die sich eine[4] schon von Aristoteles aufgestellte empirische Ansicht[4] zurecht legten[5]) für eine Entzündung in der Luft schwebender, brennbarer, öliger und schwefliger Dünste,[6] denen man nach Bedürfnis — um die[7] den Wirkungen des Schiesspulvers ähnlichen Erscheinungen[7] zu erklären — Salpeter beigemengt sein liess.[8] Descartes[9] selbst meinte, dass der Blitz eine Lichterscheinung sei, die durch gewisse Zusammenziehungen von Wolkenpartien entstehe und mit denen eine grosse Wärmeentwicklung notwendig verbunden sein müsse ; der Donner aber habe seinen Ursprung in dem Getöse, welches Wolkenmassen, wenn sie aus grosser Höhe plötzlich auf niedriger

liegende Wolken herabstürzen, hervorbringen müssten. Indessen liessen die Erfindung der Elektrisiermaschine und die damit anzustellenden[1] Versuche bald Gesichtspunkte gewinnen, von denen aus die Unzulänglichkeit der bisherigen Erklärungsversuche sich klar an den Tag legen musste.

Wall, ein englischer Physiker, war der erste (1708), welcher dem Licht und dem Knistern, das beim geriebenen Bernstein zu bemerken ist, eine gewisse Ähnlichkeit mit Donner und Blitz zuschrieb. Nollet[2] sagte Ähnliches aus, und Winkler in Leipzig behauptete ganz entschieden die Identität der Erscheinung, und dass der einzige Unterschied zwischen dem aus dem Konduktor der Elektrisiermaschine gezogenen Funken und dem Blitz in der Stärke beider bestehe. Franklin aber, Benjamin Franklin, der grosse amerikanische Bürger, lieferte durch direkte Versuche den thatsächlichen Beweis für das Behauptete. Er holte mit Hülfe eines Papierdrachen, den er gegen eine Gewitterwolke aufsteigen liess, die Elektricität aus dieser herab, indem er die Schnur leitend machte, und experimentierte mit der aus den Wolken gelangten Elektricität genau so wie mit der durch Umdrehung einer Glasscheibe erhaltenen,[3] und weil wegen der grössern Menge, die er auf seinem neuen Wege erhielt, die Experimente viel glänzender ausfielen, so wurden die Franklin'schen Versuche bald von allen Seiten wiederholt, und die gelehrte und nichtgelehrte Welt schwelgte eine Zeit lang[4] förmlich in Elektricität. Leider hat die unberechenbare Gewalt dieser Kraft in jener Zeit einige beklagenswerthe Opfer genommen. Wurde doch[5] der Physiker Richmann in Petersburg, ein erfahrener und vorsichtiger Experimentator, von einem aus der Leitung zuckenden Blitzstrahl erschlagen; um wie viel weniger dürfen wir uns wundern, wenn wir Leute ein unglückliches Ende nehmen sehen, die von der Sache nichts verstanden und nur den

eiteln Ruhm mitgeniessen wollten, den Blitz vom Himmel geholt zu haben!

Was ist das Gewitter? — Wie gesagt, es ist nichts anderes als ein grossartiger elektrischer Ausgleich, der in der Luft vor sich geht. Der Blitz ist der elektrische Funke.

Überall auf der Erde sind die verschiedensten Thätigkeiten rege, in deren Folge sich Elektricität massenhaft zu erzeugen und, durch den aufsteigenden Wasserdampf mit emporgeführt, allmählich in den Wolken anzusammeln vermag.[1] Die dicke, feuchte Wolke verhält sich nun wie ein sehr wirksamer Konduktor, der grosse Mengen freier Elektricität in sich aufgenommen hat. Sie muss daher auf die unter ihr befindliche Erdelektricität verteilend wirken, die gleichnamigen (nehmen[2] wir an die positiven) Teile derselben abstossen, die ungleichnamigen, negativen anziehen, und sie in den zunächst gelegenen höheren Punkten, den Gipfeln der Bäume, Dachfirsten, Turmspitzen u. s. w., ganz besonders ansammeln.

Es besteht also zwischen Wolke und Erde eine Spannung zweier Elektricitäten, die sich vereinigen wollen, während die dazwischen befindliche Luft als schlechter Leiter der Vereinigung[3] hinderlich ist. Aber dieses Hindernis wird endlich überwunden, entweder wenn die Wolke sich stärker ladet und dadurch die Spannung vermehrt wird, oder wenn sie selbst der Erde näher rückt; endlich, wenn hervorragende Gegenstände, wie hohe Gebäude und Bäume, sich der Wolke[3] auch als eine Leitung entgegenstrecken; — dann erfolgt die Ausgleichung in Gestalt eines zur Erde niederfahrenden Blitzes.

Wie auf die Erde, so wird die Verteilungswirkung einer stark geladenen Wolke auch auf andere Wolken stattfinden und beträchtliche Elektricitätsspannungen hervorzurufen vermögen, und da sich die beiden Elektricität führenden Körper leicht einander nähern können, so wird auch von

Wolke zu Wolke ein viel leichterer und öfterer Ausgleich stattfinden als zwischen Wolken und Erdboden. Kommen zwei entgegengesetzt geladene Wolken einander nahe, so geht der Prozess bisweilen in ganz ruhiger Weise vor sich, nur etwa dass Gestalt und Dichtigkeit der Wolken dabei sich verändern, die eine oder andere auch wohl ganz aufgelöst wird. Ist dagegen die Spannung zwischen den Wolken stärker und die Luft zwischen ihnen sehr trocken, so erfolgen die Entladungen in Form eines Gewitters, das die Wolken u n t e r s i c h ausfechten, ohne dass ein Blitz zur Erde fährt. Die dabei auftretenden elektrischen Funken können von enormer Länge sein, und man will[1] beobachtet haben, dass Blitze über Räume von siebzig und mehr Kilometer hinwegschlagen.

Man nahm früher an, dass die Elektricität der Gewitterwolken positiv sei; dies ist allerdings häufig der Fall, indessen kann es nicht als Regel gelten. Eben so wenig wissen wir in den einzelnen Fällen etwas über die direkte Ursache der atmosphärischen Elektricität; denn wenn wir auch sehen, dass bei vielen atmosphärischen Prozessen, wie Verdunstung, Verdichtung, Erwärmung u. s. w., Elektricität frei wird, so sind doch die bestimmenden Vorgänge so tausendfacher Art und, obgleich in der Gesamtheit so ungeheuer gewaltig, einzeln doch oft so wenig wirksam, dass wir alle Ursachen, welche den grossen Effekt einleiten, unmöglich aufdecken und verfolgen können. Wir müssen uns eben mit dem Faktum begnügen, dass, je nachdem[2] von den über uns ziehenden Wolken die eine gerade positiv, die andere negativ geladen, die dritte vielleicht ganz unelektrisch sein kann.

Geht[3] also eine — gleichviel wie — elektrisch geladene Wolke über die Erde dahin, so wirkt dieselbe verteilend auf das im Erdboden verbreitete elektrische Fluidum und zieht die der Elektricität der Wolke entgegengesetzte Elektricität an die zunächst gelegene Oberfläche; die

andere mit der Wolkenelektricität gleichnamige treibt sie nach unten. Dass der Funke in der Regel aus der Wolke nach der Erde fährt, mag wohl seinen Grund in der leichten Beweglichkeit der Wolke haben. Es ist jedoch nicht immer der Fall, denn die sogenannten Rückschläge[1] zeigen uns Fälle, bei denen umgekehrt die Elektricität von der Erde nach der Wolke hinaufzuckt, und sie sind ein thatsächlicher Beweis für die eben erwähnte Verteilungswirkung der Gewitterwolken.

Was wir jetzt über das Gewitter wissen, das sucht seinen Ausgang in den Versuchen, die Benjamin Franklin angestellt hat. Benjamin Franklin, das fünfzehnte Kind einer Familie von siebzehn, war am 17. Januar 1706 zu Boston geboren worden. Seine Beschäftigungen mit den Naturwissenschaften, wie Alles, was Franklin wusste und konnte, auf eigene Weise und durch eigene Methode gewonnen, fallen erst in die vierziger Jahre, aber dessenungeachtet bezeichneten bald die hervorragendsten Erfolge das grosse Genie.

Infolge seiner Beobachtungen gelangte[2] er denn im Jahre 1747 zu der festen Überzeugung, dass das Gewitter nichts anderes als die Ausgleichung zweier entgegengesetzter Elektricitäten, der Blitz ein mächtiger elektrischer Funke sei, und dass jener, wenn er einschlage, ganz so wie dieser, an gut leitenden Körpern fortgehe, ohne auf seinem Wege nachteilige Wirkungen zurückzulassen; dass er jedoch beim Überschlagen von einem Leiter zum andern störende Einwirkungen, vornehmlich Zertrümmerungen, Schmelzungen und Entzündungen, hervorrufen könne. Die Wahrnehmung, dass sich der Blitz vorzugsweise auf spitze Hervorragungen, wie Türme, Masten, Bäume u. s. w., wirft, führte den praktischen Franklin auf den kühnen Gedanken, zu versuchen, ob sich nicht die Elektricität aus einer Wetterwolke zur Erde leiten lasse,[3] und so stellte er denn jenes berühmte

Experiment an, dessen Lebensgefährlichkeit er eben nicht ahnen mochte. Er fertigte einen grossen Drachen aus Seidenstoff, spannte denselben über ein Gestell und befestigte am obern Ende des mittlern Stabes eine eiserne Spitze. Die Leine, woran der Drache aufstieg, war ein gewöhnlicher hanfener Bindfaden, das untere Ende eine seidene Schnur, an deren Ende ein Stahlschlüssel als Handgriff hing. Mit dieser Vorrichtung ging Franklin einst im Sommer 1752, nur von seinem Sohne begleitet, dem er seine Absicht allein entdeckt hatte, beim Herannahen eines Gewitters auf eine Wiese bei Philadelphia und liess den Drachen steigen. Obwohl nun dieser hoch stand und die Gewitterwolken ziemlich dicht über ihn hinzogen, bemerkte Franklin nicht das geringste Zeichen von Elektricität, und schon fürchtete er, dass seine Ansicht von der Natur des Gewitters doch nicht die rechte sein könne, als er, nachdem ein gelinder Regen den Faden angefeuchtet hatte, plötzlich zu seiner grössten Freude wahrnahm, dass die losen Fäserchen der seidenen Schnur allesamt aufwärts strebten, gerade so, als wenn sie an dem Konduktor der Elektrisiermaschine gehangen hätten. Hocherfreut über diese Anzeichen von Elektricität, die notwendig atmosphärisch, aus den Gewitterwolken herabgeleitet sein musste, erforschte er die Erscheinung gründlicher, hielt ein Fingergelenk an den Stahlschlüssel, und ein starker, sehr sichtbarer Funke sprang auf seinen Körper über. Die Luftelektricität wirkte also in gleicher Weise wie die künstlich erzeugte. Ein Glück für Franklin war es übrigens, dass die Schnur nicht ganz feucht war oder aus keinem besser leitenden Stoffe bestand; es hätte ihm sonst leicht das Leben kosten können.[1] Bei späteren Versuchen gelang es,[2] eine Leidener Flasche[3] mit Luftelektricität zu laden, welche alle die bekannten Erscheinungen zeigte. Auch stellte Franklin an seinem Hause eine isolierte eiserne Stange auf, um bequemer[4]

Versuche machen zu können, und versah sie an dem untern Ende mit zwei Glöckchen, welche anschlugen,[1] wenn die Luft eine bedeutende elektrische Spannung besass.

Die Franklin'schen Versuche, in deren Folge die Oxforder Universität den amerikanischen Bürger 1762 zum Doktor promovierte, wurden in der Folge häufig wiederholt und in zweckmässiger Weise abgeändert. Ein Franzose, de Romas, z. B. band seinen Drachen an eine Schnur, welche mit einem Metalldrahte durchflochten war, liess sie aber unten, um sich vor den Wirkungen des Blitzes sicher zu stellen, in eine andere, einige Meter lange, von reiner Seide übergehen. Um den Funken nicht mit dem Finger hervorlocken zu müssen, gebrauchte er einen Metallleiter, welcher mit der Erde durch eine eiserne Kette in Verbindung stand und an einem nicht leitenden Handgriffe gehalten werden konnte. Der Drache stieg 180 Meter hoch und passierte Luftschichten, welche im höchsten Grade mit Elektricität geschwängert[2] sein mussten, denn de Romas erhielt binnen e i n e r Stunde dreissig Feuerstrahlen, deren jeder eine Länge von fast drei Meter hatte und die ein Geräusch hören liessen, welches dem Knallen einer Pistole glich. Nach so glänzenden Erfolgen musste der Glaube an alle früheren Fabeleien von öligen, salpetrigen Dünsten als Ursache des Blitzes vollständig vernichtet werden.

Der Donner. — Zusammenhängend mit der Erkenntnis der Ursache des Gewitters klärten sich auch die Meinungen über die Natur des ganz unschuldigen D o n n e r s, der doch jedem Beobachter bei einem Gewitter den grössten Schrecken verursacht. Er entsteht lediglich durch die Schwingungen der gewaltsam erschütterten Luft. Wenn der Blitz die Atmosphäre durchzuckt, erhitzt er die benachbarten Teilchen so ungeheuer, dass sie sich plötzlich auf das Vieltausendfache ihres früheren Volumens ausdehnen, gleich darauf aber auch wieder, wenn die Wärme

sich verteilt, in sich zusammenstürzen. Es[1] wirkt also dieselbe Ursache, wie bei dem Flintenschuss; und die Reflexion des Schalles an den verschiedenen Wolkenschichten, Bergen und Wäldern ruft das Echo und das allmähliche Verhallen des Geräusches hervor. Da der Schall sich langsamer fortbewegt als das Licht, so sehen wir den Blitz eher und auf einmal in seiner ganzen Länge, während der Donner unser Ohr erst später und von den entfernteren Punkten des oft viele Meilen langen Funkens nur nach und nach erreicht. Nehmen[2] wir an, ein Blitz fahre[3] in einem Augenblick eine Meile weit dahin, so knallt es auch gleichzeitig auf allen Punkten dieser Linie. Aber es giebt keinen Ort, wo das Ohr alle diese Schallwellen zugleich auffangen könnte; sie gelangen[4] nur allmählich bei dem Beobachter an[4] und derselbe vernimmt daher den Knall als ein verlängertes Geräusch. Ohne uns nach dem Gewitter umzusehen, hören wir an dem Donner, sowie er stärker und stärker wird, sein Nahen. In der Nähe des Ortes, wo es einschlägt, vernimmt man bekanntlich gleichzeitig mit dem Blitz einen einzigen prasselnden Schlag; ist das Gewitter entfernt, so liegt je nach[5] der Entfernung eine um so längere Pause zwischen Blitz und Donner.

Der Donner giebt uns ein bequemes Mittel, zu beurteilen, wie weit ein Gewitter von uns entfernt ist. Da Blitz und Donner gleichzeitig entstehen, die Fortpflanzung des Lichtes für irdische Entfernung als eine augenblickliche betrachtet werden kann, der Schall aber in derselben Zeit nur 340 Meter zurücklegt, so brauchen wir nur die Zahl der Sekunden, welche zwischen Blitz und Donner vergehen, mit 340 zu multiplizieren, um die Entfernung in Metern kennen zu lernen.

Die Sage von den D o n n e r k e i l e n, von denen man annahm, dass sie zugleich mit dem Blitz in die Erde

geschleudert würden, mag erst dadurch veranlasst worden sein, dass man sich die Entstehung und regelmässige Gestalt gewisser länglich-runder und vorn zugespitzter Steinformen, die man in manchen Gegenden nach heftigen Regengüssen an Berghalden [1] oder in Thalgründen fand, nicht anders zu erklären vermochte. Seit man aber jene Bildungen auch in geschichteten [2] Gesteinen eingebettet gefunden hat, weiss man, dass es Versteinerungen vorweltlicher Tierreste sind, und weit entfernt, ihren Ursprung über unsern Häuptern zu suchen, hat die Geologie die Geburtsstätte dieser Belemniten [3] vielmehr in der Tiefe schlammabsetzender Meeresbecken erkannt. Ebenso ist der Glaube an die besondere Natur des durch den Blitz entzündeten Feuers, dass dieses durch kein Mittel löschbar sei, ein Irrtum, der freilich lange genug gespukt hat.

Wirkung des Blitzes. — Der Blitz an und für sich ist nicht heiss; er erzeugt erst die Hitze, wenn er bei seiner Fortbewegung Widerstand findet. In den oberen Regionen der Atmosphäre, wo die Luft so verdünnt ist, dass sie dem Ausgleich der Elektricitäten kein Hindernis entgegensetzt, erfolgt das Blitzen als ein geräuschloses Wetterleuchten,[4] während in den tieferen Luftschichten das Hemmnis der schlechten Luftleitung erst mit Gewalt durchbrochen werden muss. Findet der Blitz einen gutleitenden Körper von grossem Querschnitt,[5] so wird er in demselben herabfahren, ohne merkliche Spuren zu hinterlassen. Muss er sich aber durch dünne Drähte oder durch trockne harzige [6] Hölzer hindurchquälen, so erhitzt er dieselben bei solcher Arbeit auf eine ganz enorme Weise.

Ein Eisencylinder leitet zehntausendmal mehr Elektricität durch sich hindurch als ein gleichgrosser Cylinder von Meerwasser, welches gewisse Salze aufgelöst enthält; dieser aber wieder tausendmal mehr als reines Wasser, und das reine Wasser ist ein noch viel besserer Leiter als

trockenes Holz oder gar Schwefel, Harz u. dergl.[1] Wenn aber bei alledem noch so bedeutende Elektricitätsmassen in den Blitzen sich ausgleichen, dass selbst dicke Eisenstangen durch den hindurchfahrenden Funken geschmolzen werden, so darf es nicht auffallen,[2] wenn andere, weniger gut leitende Körper davon ganz zerstört werden. Mit der grossen Wärmeentwickelung hängen die enormen mechanischen Kraftleistungen zusammen, welche durch Blitzschläge ausgeübt werden. Wenn der Blitz in einen Baum schlägt, so sucht er seinen Weg vorzugsweise zwischen Rinde[3] und Holz, in dem feuchten Splinte.[4] Das Wasser verwandelt sich plötzlich in Dampf und dadurch erklärt sich die ausserordentliche Zerreissung und Zersplitterung, die wir an vom Blitz getroffenen Bäumen beobachten können.

Derselbe Blitz, welcher die dicke Stange eines Blitzableiters nur mässig erwärmt, schmilzt die Vergoldung von Bilderrahmen, über welche er hinwegfährt, vollständig ab. Humboldt erzählt in seinem '*Kosmos*,' dass er auf seinen Reisen in Südamerika, wo allerdings die Gewitter mit einer bei uns unbekannten Heftigkeit wüten, manche Felsen auf der Oberfläche vom Blitze ganz verglast[5] angetroffen habe. Die Blitzröhren,[6] die man in ebenen, sandigen Gegenden gar nicht selten findet und oft auf eine Länge bis zu 12 und mehr Meter in einer Richtung oder in Äste verzweigt unter der Oberfläche des Bodens verfolgen kann, sind Sand und Bodenteile, von dem einschlagenden Blitze geschmolzen und zu röhrenförmigen[7] Gebilden mit einander verkittet.

Man hat[8] in den früheren mirakelsüchtigen Zeiten eine Menge wunderbarer Bildungen entdecken wollen,[8] welche der Blitz ausgeführt habe,[9] und selbst Gelehrte konnten nicht der Versuchung widerstehen, dergleichen zu berichten und ihnen merkwürdige Ursachen unterzulegen. So sollte[10] bald[11] durch die Lichterscheinung beim Blitz in eine Fensterscheibe die Zeichnung eines gegenüberstehenden Turmes

eingebrannt[1] worden sein; bald wollte[2] man bei vom Blitz Erschlagenen auf Brust oder Armen Schriftzüge oder Kreuze oder Figuren von Gegenständen, die in der Nähe gestanden hatten, eingeätzt[3] gefunden haben u. s. w. — und man sah von manchen Seiten darin eine, wenn auch noch unerforschte, aber doch wohl gesetzmässige Art von Photographie. Alle dergleichen Erscheinungen sind aber ganz zufälliger Natur, von der erhitzten Phantasie erst ausgemalt. Dagegen bringt der Blitz gewaltige mechanische Wirkungen hervor.

In der Gegend von Manchester schlug am 2. August 1809 der Blitz ein. Ein Wetterstrahl fuhr zwischen einem Keller und einer Cisterne in die Erde und verschob eine Mauer von 1 Meter Dicke und 4 Meter Höhe, so dass der weggeschobene Teil an einer Seite mehr als 1 Meter, an der andern 3 Meter abstand, wobei natürlich alle hölzernen Verbindungsstücke zerbrochen waren. In dem bewegten Mauerstück befanden sich 7000 Backsteine mit einem Gesamtgewicht von 26,000 Kilogramm.

Es ist vorgekommen, dass der Blitz in die Masten von Schiffen geschlagen und dabei die Kompassnadel in der Weise umgedreht hat, dass der Steuermann den Kurs plötzlich wieder nach Hause zu[4] nahm und, falls ihm nicht Sternbeobachtungen seinen Irrtum aufdeckten, erst durch Anrufen begegnender Schiffe wieder auf die rechte Bahn gelenkt wurde.

Blitzableiter. — Nichts ist natürlicher, als dass man sich gegen die verheerenden Wirkungen des Blitzes zu sichern sucht, und die Beobachtung,[5] dass hoch emporragende Gegenstände vorzugsweise den Blitz anziehen, mag — wofür manche Thatsachen zu sprechen scheinen — auch schon im Altertume gewisse Vorkehrungen haben treffen lassen,[5] die im Wesen mit unsern heutigen Blitzableitern Ähnlichkeit hatten. Numa[6] und Tullus Hostilius sollen[7] die Kenntnis

besessen haben, die schädlichen Wirkungen des Blitzes abzuwenden. Es wird nicht gesagt, worin ihr Verfahren bestanden habe, vielleicht aber darf man es in Verbindung setzen mit der[1] in alten Zeiten beliebten Aufstellung eherner Bildsäulen,[1] um meteorische Funken herabzuziehen. Von den alten Indiern erzählt Ktesias,[2] dass sie sich eines gewissen Eisens bedient hätten,[3] welches von ihnen zur Ableitung zündender Blitze aufgerichtet worden wäre.[3] Die Tempel, namentlich der des Apoll, waren mit Lorbeerhainen[4] umgeben, weil sie dadurch geschützt sein sollten,[5] und zu Karl's des Grossen Zeiten war es Sitte, in den Feldern hohe Stangen zur Ableitung von Hagelwettern aufzurichten, was jedoch von dem grossen Kaiser als abergläubisch verpönt wurde. Es liessen[6] sich noch viele andere Citate anführen und Überlieferungen in der genannten Richtung deuten, indessen wollen wir unsere Aufmerksamkeit der[7] auf erkannte Gesetzmässigkeit natürlicher Vorgänge gegründeten Erfindung[7] zuwenden, eine der segensreichsten aller Zeiten.

Benjamin Franklin ist derjenige, dem wir unverkürzt und unverkümmert den vollen Ruhm davon belassen müssen. Er hat keinen Vorläufer gehabt, keine Erfahrungen anderer benutzt, sondern sich das Fundament selbst gegraben und Stein auf Stein mit eignem Fleiss gebrochen, behauen und eingefügt, bis das Ganze so vollendet vor ihm stand, dass die späteren Zeiten nichts mehr daran zu verbessern fanden.

Die Gewitterwolken sind mit Elektricität geladene Konduktoren. Nun ist aber für das Wesen der Elektricität charakteristisch, dass dieselbe, wie wir gelegentlich schon angedeutet haben, auf der Oberfläche der Körper angehäuft, in einem Zustande des Zwanges sich befindet. Sie strebt fortwährend nach Ausgleichung und wird von der umgebenden Luft oder anderen schlechten Leitern nur gehindert, diesem Bestreben Genüge zu thun. Je nach[8] der Gestalt der Körper

sind auch, wie wir ebenfalls schon gesehen haben, die Spannungsverhältnisse verschieden. Eine allseitig gleich gekrümmte Kugeloberfläche ist überall von den gleichen Widerständen umgeben, und daher bildet auf ihr die Elektricität eine auf allen Punkten ganz gleich dicke Schicht. Setzen wir dagegen auf die Kugel eine hervorragende Spitze, so konzentriert sich in dieser die Elektricität, und eine[1] entsprechende Wirkung hat jede Ungleichheit der Körper, Ecken, Kanten u. s. w. Die Elektricität sammelt sich in grösseren Massen und mit grösserer Spannung in den Spitzen an und strahlt[2] endlich, wenn die Spitze fein genug ist, geradezu aus:[2] eine Erscheinung, die wir im Dunkeln als einen glänzenden Lichtbüschel[3] beobachten können.

Dies sogenannte *Vermögen der Spitzen* haben wir schon in den Aufsaugern der Elektrisiermaschine praktisch ausgebeutet gefunden, wir sehen es in der Natur bisweilen als den Grund einer merkwürdigen Erscheinung, deren Erklärung lange Zeit grosse Schwierigkeiten darzubieten schien, der sogenannten *St. Elmsfeuer*.[4]

Es kommt vor, dass an gewissen schwülen Abenden sich über den Spitzen von Blitzableitern, über Turmknöpfen,[5] an Ecken von metallenen Dachrinnen[6] u. s. w. kleine blaue Flämmchen zeigen, die sich nicht auslöschen lassen und endlich ebenso von selbst wieder verschwinden, wie sie entstanden sind. Diese Erscheinung zeigt sich besonders häufig auch auf den Mastspitzen der Schiffe und sie galt bei den alten Griechen und Römern für ein Zeichen des baldigen Aufhörens des Sturmes. Zwei Flämmchen, 'Castor[7] und Pollux,' waren glückbringend, und ein einziges, 'Helena,' verderblich. Aus dem letzteren Namen ist 'St. Elias,' 'Elmen' und 'Elmsfeuer' entstanden.[8] Übrigens brauchen die Spitzen nicht allemal sehr hoch über den Erdboden empor zu ragen, man hat Flämmchen auf den Köpfen von Statuen, auf den

Lanzen der Soldaten, auf den Hüten der Wandernden bemerkt; ja, es werden Fälle berichtet, in denen die Ohren der Pferde dergleichen elektrische Lichtausstrahlungen zeigten.

Für uns hat das Phänomen nichts Rätselhaftes mehr, es ist das Ausströmen der Elektricität, sei es, dass diese nur infolge der zu grossen Spannung im Boden denselben verlässt, oder dass sie sich auf diese stille Weise mit der entgegengesetzten Elektricität der Atmosphäre ausgleicht. Auf jeden Fall wird durch den Prozess die Spannung vermindert und auf allmähliche, friedliche Weise ein Zustand des Gleichgewichts wieder vorbereitet, der durch den Blitz nur unter gewaltsamen, zerstörenden Aktionen herbeigeführt werden kann.

Der Blitzableiter hat denselben Zweck und sein genialer Erfinder hat ihn in richtiger Erkenntnis jener Naturerscheinung auf das Vermögen der Spitzen gegründet.

Es dürfte kaum eine Erfindung geben, welche bei ihrem Auftauchen[1] die ganze gelehrte und nichtgelehrte, fromme und profane Welt so in Aufregung versetzt hätte wie die Franklin's. Man fühlte ihre ungeheuere Bedeutung — aber der Glaube, jenes liebe Kind der Gewohnheit, kam mit der Wissenschaft in Konflikt; der entstehende Kampf dauerte lange und hinderte die segensreiche Einführung. Es leuchtete[2] vielen nicht ein,[2] dem lieben Gott ein so bequemes Züchtigungsmittel wie den Blitz aus der Hand winden zu wollen. Anderwärts war es wieder die Nationaleitelkeit, welche einem Fremden für einen so herrlichen Gedanken nicht dankbar werden wollte. Während die amerikanische Regierung sich die allgemeine Unterstützung der Franklin'schen Idee auf das höchste angelegen sein liess,[3] mäkelte[4] Frankreich verdrossen daran herum,[4] weil sie nicht von einem Franzosen ausgegangen war.

Es war im Jahre 1760, als Franklin den ersten Blitzableiter, der sich im wesentlichen in nichts von unseren

heutigen unterschied, auf dem Hause des Kaufmanns West in Philadelphia errichten liess; ein eiserner Stab von 3 Meter Länge und 27 Millimeter im Durchmesser war von dem Gebäude durch schlechte Leiter isoliert und mittels einer metallenen Zuleitung mit der Erde verbunden. So einfach, wie dieser Apparat in seiner Ausführung damals war, ist er geblieben; denn alle Zuthaten von Platinspitzen, besondere Herstellung der Isolierung u. dergl. haben dem Wesen nichts Neues beigefügt. In dieser Einfachheit aber liegt zugleich die Bedeutsamkeit, die in ihrer Wirkung nicht gesteigert werden kann.

War es in Frankreich die Eitelkeit, so war es in England Nationalhass, durch den Unabhängigkeitskrieg, in welchen beide Staaten damals eben verwickelt waren, entzündet und unterhalten, was die Adoption der Erfindung hinderte. Sie erfolgte in der That erst gegen das Jahr 1788, und nur die Sorge um die Schiffe konnte die Söhne Albions bestimmen, auf den Masten derselben Blitzableiter zu errichten. Ehe die letzteren auf Gebäuden Anwendung fanden, verging noch eine geraume Zeit. Von ganz besonderem Einfluss wurde aber die Stimme des berühmten schweizerischen Physikers Saussure, welcher im Jahre 1771 auf seinem Hause in Genf einen Blitzableiter hatte errichten[1] und, um die darüber entsetzten gottesfürchtigen Gemüter zu beruhigen, eine Broschüre über die Nützlichkeit der Elektricitätsleiter hatte drucken lassen,[2] die er gratis verteilte. Philadelphia hatte im Jahre 1782 auf seinen 1300 Häusern schon über 400 Blitzableiter; alle öffentlichen Gebäude, mit Ausnahme des Hotels der französischen Gesandtschaft, waren damit versehen. Und gerade in dies Haus schlug am 27. März 1782 der Blitz. Er tötete einen Offizier, und nun allerdings liess der Gesandte Frankreichs sein Palais mit der Schutzvorrichtung versehen. — Zu Hause erhoben der Abbé Nollet und de Romas ihre Stimmen ebenfalls, und

nun, da eigene Landeskinder unterdessen ihren Ruhm eifrig an die Franklin'schen Versuche mit geknüpft hatten, konnte die *grande nation* sich endlich 1784 mit der Sache ernstlich befassen. Wie England seine Schiffe, so hatte Frankreich, von jeher der grösste Salpeterkonsument, dabei vorzüglich den Schutz der Pulvermagazine im Auge. Das Publikum, befangen und furchtsam, beteiligte sich aber hier wie anderwärts anfänglich sehr mässig, und der Blitzableiter blieb lange Zeit hindurch ein Merkzeichen öffentlicher Gebäude. Die Regierungen mussten seine Einführung dekretieren und stiessen dabei noch auf ärgerliche Widersprüche.

Schon im Jahre 1778 hatte die Republik Venedig ihre Marine mit dem neuen Wetterschutz versehen. Friedrich Wilhelm II. von Preussen[1] ordnete im ganzen Umfange seiner Staaten die Aufrichtung von Blitzableitern an; merkwürdiger Weise verbot er aber ausdrücklich, auf dem Schlosse Sanssouci[2] einen solchen anzubringen.

Dampfmaschine.

I.

Dampfmaschine nennt man eine mechanische Vorrichtung, durch welche mittelst der Spannkraft[1] des Wasserdampfes Wärme in Arbeit umgesetzt wird. Dieselbe besteht aus dem Dampfkessel[2] und der eigentlichen Dampfmaschine, welche durch ein Rohr mit einander verbunden in der Weise funktionieren, dass der im Dampfkessel erzeugte Dampf in dem Cylinder der Dampfmaschine einen beweglichen Kolben[3] hin- und hertreibt. Dessen Bewegung wird durch die Kolbenstange[4] auf andere Maschinenteile übertragen und so zur Arbeitsleistung nutzbar gemacht.

Die Kenntniss der dem Wasserdampf innewohnenden Ausdehnungs- oder Spannkraft ist sehr alt. Schon vor Anfang der christlichen Zeitrechnung scheint man einige wenn auch nur höchst unvollkommene Vorstellungen von derselben gehabt zu haben. Die erste Nachricht von der Anwendung des Wasserdampfes zur Erzeugung von Bewegung findet sich in einer Schrift des griechischen Mathematikers und Mechanikers Hero des Älteren,[5] der einen durch Dampf getriebenen Apparat beschreibt. Eine hohle mit Wasser gefüllte Metallkugel wurde erhitzt; der so entwickelte Dampf strömte aus zwei seitlichen Öffnungen aus und setzte durch Rückwirkung das Gefäss in Umdrehung. Dieser Apparat, der eine praktische Bedeutung niemals erlangt hat, ist nur als eine physikalische Spielerei zu betrachten[6]; ebenso der Apparat des Italieners Giovanni

Branca (1629), bei welchem ein kräftiger Dampfstrahl[1] gegen ein Schaufelrad[2] getrieben und letzteres dadurch in Umdrehung versetzt wurde.

Der erste Apparat, welcher die Grundzüge der heutigen Kolbendampfmaschine zeigt, ist der von Denis Papin[3] (1690). Bei seinen Versuchen die bedeutende Kraft des Luftdrucks, die kurz vorher von Guerike[4] entdeckt worden war, auf einfache und wohlfeile Weise zu erzeugen um sie industriell verwerten zu können, fand er in der Kondensation des Dampfes das Mittel, mit demselben grössere Krafteffecte zu erzielen, und legte so eigentlich den Grund zur Erfindung der Dampfmaschine. Er wollte einen massiven Kolben, ähnlich dem in einer gewöhnlichen Saugpumpe,[5] aber ohne Klappe,[6] durch die elastische Kraft des Dampfes in die Höhe treiben, dann den Dampf plötzlich abkühlen und wieder in Wasser verwandeln. Papin beschrieb seine Idee in einer eigenen Schrift und machte auch ein Modell der Maschine; die Sache hatte indess keinen weiteren Erfolg, besonders da die Mängel, welche seiner Maschine anhafteten, von dem englischen Physiker Robert Hooke[7] für so bedeutend erachtet wurden, dass Papin selbst endlich an einer nutzbringenden Verwirklichung seiner Idee verzweifelte. Dabei muss jedoch bemerkt werden, dass das Sicherheitsventil[8] bereits von ihm erfunden und an dem Dampfkessel angebracht wurde.

Ein erfolgreicher Schritt in der rechten Richtung wurde von dem Engländer Newcomen[9] gemacht. Er nahm den ursprünglichen Gedanken Papins wieder auf und erfand durch Anwendung eines Cylinders mit beweglichem Kolben, der seinen Dampf von einem besonderen Dampfkessel erhielt, die erste wirklich brauchbare Dampfmaschine. Mit Rücksicht auf die Verwertung des Luftdrucks wurde sie atmosphärische Maschine genannt und zur geradlinigen[10] Bewegung der Pumpengestänge[11] in den Bergwerken und

später zum Betrieb rotierender Wellen verwendet. Trotz der im Ganzen günstigen Wirkungsweise der Newcomenschen Maschinen, der zufolge sie zur Wasserhebung in Bergwerken bis in die neueste Zeit Verwendung gefunden haben, waren dieselben besonders ihres beträchtlichen Brennstoffverbrauchs[1] wegen für allgemeine Zwecke nicht anwendbar. Alle Versuche zur Verbesserung dieser Mängel blieben fast 70 Jahre lang erfolglos, weil die physikalischen Gesetze von der freien und latenten Wärme noch nicht bekannt waren, mit deren Hilfe es dann dem genialen Watt gelang, die Fehler der Newcomenschen Maschine zu beseitigen und die Dampfkraft für die Zwecke der Industrie allgemein nutzbar zu machen.

II.

James Watt,[2] 1736 zu Greenock in Schottland geboren, war in seiner frühesten Jugend sehr schwächlich und verdankte es diesem Umstande wohl zumeist, dass er seine Zeit denjenigen Vergnügungen und Beschäftigungen zuwenden durfte, wozu ihn gerade Lust und Neigung trieb. Da er die geräuschvollen Spiele der Kindheit mit andern nicht teilen konnte, kam er so von selbst[3] auf das Gebiet des Denkens und Grübelns. Schon als Kind suchte er überall nach dem Grunde der Erscheinung, und dieses stille Nachdenken, das unablässige Forschen brachte ihn häufig in den Verdacht, geistig träge zu sein. Es[4] durchblitzten ihn auch nicht grossartige Ideen, aber was er ansah, das zerlegte sich ihm in seine Bestandteile und zeigte ihm gleichergestalt[5] Ursprung und Folge.

Mit seinem 19. Jahre trat Watt bei dem Mechaniker Morgan in London in die Lehre. Er brauchte zur Reise dahin zwölf Tage und ahnte damals schwerlich, dass man sie dereinst[6] kraft[7] seiner Erfindung in zwölf Stunden werde zurücklegen können. In London blieb er nur ein Jahr,

worauf er nach Glasgow zurückging und später als Mechaniker bei der Universität beschäftigt wurde.[1] Um jene Zeit glänzte dort der berühmte Staatsökonom Adam Smith[2]; derselbe fand Wohlgefallen an Watt und besuchte ihn fast täglich. Mehrere Freunde Smiths wurden auf den jungen, fleissigen Mechaniker aufmerksam und bald wurde Watts Wohnung der Versammlungsort der Gelehrten und Studenten. Ein Zeitgenosse, der mit Watt in sehr innige Verbindung trat, erzählt "Ich wurde—ein Freund mathematischer und mechanischer Studien—durch einige Bekannte bei Watt eingeführt. Ich erwartete einen einfachen Arbeiter und fand anscheinend[3] auch einen solchen; wie sehr aber sah ich mich überrascht, als ich bei näherer Prüfung in ihm einen Gelehrten erkannte, der, nicht älter als ich, dennoch im Stande war, mich über alle Gegenstände der Mechanik und Naturkunde aufzuklären, nach denen ich ihn fragte. Ich glaubte in meinem Studium weit fortgeschritten zu sein und fand nun, dass Watt hoch über mir stand. So auch meine Genossen. Jede Schwierigkeit, welche uns vorkam, trugen wir Watt vor und er war immer im Stande uns zu belehren, aber für ihn wurde jede solche Frage der Gegenstand eines neuen und ernsten Studiums, und er ruhte nicht eher, als bis er sich entweder von der Unbedeutsamkeit des Gegenstandes überzeugt, oder das daraus gemacht hatte, was[4] sich daraus machen liess. Diese Eigenschaften, verbunden mit der grössten Bescheidenheit und Herzensgüte, machten,[5] dass alle seine Bekannten ihm mit der herzlichsten Liebe und Anhänglichkeit zugethan waren."

Wie es scheint, begann Watt in den Jahren 1762 und 1763 mit dem Wesen und der Verwendbarkeit des Dampfes sich anhaltender[6] zu beschäftigen; aber erst das folgende Jahr war dazu bestimmt, ihn auf die Bahn seines Ruhmes zu führen. In der Sammlung der Universität befand sich das Modell einer Dampfmaschine von Newcomen, dessen man

sich zur Erläuterung bei den Vorlesungen bediente. Dies Modell war ausser Gang gekommen,[1] oder richtiger,[2] es war nie im Gange gewesen, und man trug[3] Watt auf,[3] dasselbe in Ordnung zu bringen. Er löste seine Aufgabe zu vollkommener Zufriedenheit; sein Fleiss blieb[4] aber dabei nicht stehen.[4] Sein Scharfblick hatte bald erkannt, worin die Mangelhaftigkeit der Wirkung von Newcomen's Maschine ihren Grund hatte. Die Maschine verlangte Wasser von sehr niedriger Temperatur, um unter dem Kolben den Dampf zu verdichten und einen möglichst leeren Raum herzustellen. Dadurch[5] aber, dass das kalte Wasser in den Cylinder eingespritzt[6] wurde, ergab sich für den nächsten Kolbenhub[7] der Übelstand, dass der Dampf, wenn er mit den[8] soeben durch das Wasser abgekühlten Seitenwänden[8] und der Kolbenfläche in Berührung trat, abgekühlt und teilweise bereits kondensiert wurde, ehe er noch seine Wirkung geäussert hatte, was[9] einen beträchtlichen Kraftverlust nach sich zog.[10]

Die erste bedeutende Erfindung, welche Watt auf Grund seiner Studien und Versuche über die Wärme machte, war die des Kondensators mit der sogenannten Luftpumpe, d. h. er liess die Niederschlagung des Dampfes nicht mehr im Cylinder selbst, sondern in einem besondern Raum, dem Kondensator, stattfinden, der im geeigneten Moment mit dem Cylinder in Verbindung gesetzt wurde. Der Wattsche Kondensator,[11] welcher noch gegenwärtig mit geringen Abänderungen gebräuchlich ist, besteht aus einem cylindrischen Gefäss, dessen Inhalt ungefähr gleich dem des Dampfcylinders ist. In dieses Gefäss mündet[12] das vom Dampfcylinder kommende Rohr und ein Wasserrohr mit Sieb, welches das zur Kondensation des Dampfes erforderliche Wasser in feinem Regen einspritzt. Unmittelbar an den Kondensator schliesst sich eine Pumpe an, welche das eingespritzte und das durch die Kondensation des Dampfes

gebildete Wasser entfernt und von Watt den Namen Luftpumpe erhielt, eine Bezeichnung, die sich noch bis heute erhalten hat. Auch die übrigen Verbesserungen, welche er an den Hauptteilen der Dampfmaschine anbrachte, waren von so bedeutendem Einfluss und brachten die Dampfmaschine auf eine so hohe Stufe der Vollendung, dass dem Namen Watt für alle Zeiten der Ehrenplatz in der Geschichte der Dampfmaschine gesichert ist.

Ausser in der vom Cylinder getrennten Kondensation bestand das wesentlich Neue der Wattschen Maschine darin, dass nicht mehr der Atmosphärendruck, sondern der Dampfdruck auf den Kolben wirkte, zu welchem Zwecke die Kolbenstange dampfdicht durch den Cylinderdeckel gehen musste, was durch Anwendung der heute noch allgemein üblichen Stopfbüchse[1] ermöglicht wurde. Auch war der Dampfcylinder durch schlechte Wärmeleiter (den sog.[2] Cylindermantel) vor Ausstrahlung geschützt. Schon im folgenden Jahre ersann Watt eine Verbesserung, die bei allen modernen Dampfmaschinen in Anwendung ist. Er sperrte[3] den Dampfzutritt zum Cylinder ab,[3] ehe der Kolben seinen ganzen Weg zurückgelegt hatte, so dass für den Rest des Kolbenweges der Dampf ohne frische Nachströmung wirkte und durch seine Expansionskraft den Kolben bis an das Ende seines Hubes trieb. Der Vorteil dieser Einrichtung besteht in der Ersparung an Dampf und also auch an Brennmaterial.[4] Die erste Wattsche Dampfmaschine[5] aus dem Jahre 1769 war noch einfachwirkend, indem durch den Dampf nur der Niedergang des Kolbens, der Aufgang desselben aber durch die an der anderen Seite des Balanciers[6] angebrachten Gegengewichte bewirkt wurde. Dagegen waren schon die in den Jahren 1781–82 von ihm ausgeführten Maschinen doppeltwirkend, d. h. der Kolben wurde beim Aufgang wie beim Niedergang vom Dampf getrieben und leistete so in beiden Fällen Arbeit. Die bis dahin übliche

Befestigung der Kolbenstange[1] an dem Balancier durch Segment[2] und Gelenkkette genügte für die doppeltwirkende Maschine nicht mehr und Watt erfand deshalb sein berühmtes Parallelogramm, einen äusserst sinnreichen Mechanismus, welcher das Ende der Kolbenstange mit dem Balancier derart verband, dass die Kolbenstange fast mathematisch in einer geraden Linie geführt wurde. Ferner datiert aus jener Zeit die Anwendung von Pleuelstange,[3] Kurbel[4] und Schwungrad,[5] sowie die des Centrifugalregulators[6] zur Erzielung eines gleichförmigen Ganges. Auch die Konstruktion der Dampfverteilungsmechanismen[7] erfuhr wesentliche Verbesserungen, indem an die Stelle der Hähne[8] Ventile oder Schieber traten, so dass die Wattsche Dampfmaschine schliesslich in den Hauptteilen bereits eine solche Vollkommenheit zeigt, dass es bis heute nicht möglich war, wesentliche Verbesserungen anzubringen.[9] Die auf Watts Thätigkeit folgende Periode der Geschichte der Dampfmaschine charakterisiert sich besonders durch die Bemühungen, Dämpfe von höherer Spannung anzuwenden und das schon von Watt angegebene Prinzip der Expansion möglichst weit durchzuführen. Die Wattschen Maschinen verwendeten nur Dampf von niederer Spannung (1,5–1,3 Atmosphären) und arbeiteten sämtlich mit Kondensation.

III.

Wenngleich[10] schon von Watt darauf hingewiesen worden war, dass man[11] lediglich durch die Spannkraft des Dampfes, den man,[12] statt ihn im Kondensator zu verdichten, in die freie Luft auspuffen liesse,[12] Maschinen treiben könne,[11] die infolge des Wegfalls[13] des Kondensators sich bedeutend einfacher gestalten würden, so war doch bei der noch unausgebildeten Konstruktion der Dampfkessel die Anwendung höher gespannter Dämpfe mit erheblicher Gefahr verbunden. Die erste wirklich brauchbare Hochdruckmaschine baute

der Amerikaner Oliver Evans[1] im Jahre 1801. Derselbe verwendete Dampf von einer Spannung bis zu 8 Atmosphären, der in einem schmiedeeisernen[2] Röhrenkessel[3] erzeugt und direkt in den Cylinder geleitet wurde, doch wurde der Dampf schon bei einem Drittel oder selbst einem Sechstel des Kolbenwegs abgesperrt und zuletzt kondensiert. In England bauten im folgenden Jahre Trevithick[4] und Vivian eine doppeltwirkende Hochdruckmaschine ohne Kondensation, die sich durch Einfachheit und gedrängten[5] Bau auszeichnete.

So inventiös[6] die Anordnung der einzelnen Teile dieses Mechanismus war, so konnte derselbe eine allgemeinere Aufnahme doch nicht finden, zunächst[7] schon aus dem Grunde, weil die grosse Reibung der gewöhnlichen Strassen ein zu beträchtliches Hindernis für die Entwickelung einer namhaften[8] Zugkraft blieb. Aber auch aus anderen Gründen erwiesen sich die chaussierten Wege[9] für den Dampfwagen als untauglich; vor Allem waren sie nicht widerstandskräftig genug und gestatteten auch keinen ganz ruhigen Gang. Die beiden Erfinder indessen liessen die Hoffnung nicht sinken. Was auf den gewöhnlichen Strassen nur schwierig ging, konnte auf den Eisenbahnen, wie sie in den englischen Kohlenwerken[10] in Gebrauch waren, ein sehr viel leichteres Fortkommen[11] finden. Sie suchten nach[12] und erlangten im März 1802 ein Privileg auf ihren Dampfwagen für Schienengleise.[13] Der weiteren Verfolgung dieser sehr richtigen Idee stellte sich aber bald wieder das gerade entgegengesetzte Vorurteil entgegen. Obwohl die Reibung auf den gewöhnlichen Strassen sich bei dem grossen Gewicht des Dampfwagens thatsächlich als zu gross und kaum zu besiegen erwiesen hatte, sollten nach der Meinung der Fachmänner,[14] welche die Teilnahme des Publikums bestimmten, jetzt auf einmal die Schienengleise zu glatt sein, zu w e n i g Reibung, zu w e n i g Halt für die drehenden Räder bieten,

wenn den letzteren zugemutet würde, eine einigermassen erhebliche Last zu ziehen. Unter diesem Vorurteile siechte[1] die Erfindung lange, denn man bemühte sich jetzt, nachdem man sich doch anderwärts von den Vorzügen der Schienenbahn überzeugt hatte, durch allerhand Vorrichtungen einem Übelstande zu begegnen, den man sich gleichwohl nur einbildete. Alle Welt war fest überzeugt, dass die Reibung auf den Schienen vermehrt werden müsse, ohne nur erst die Thatsachen zu prüfen und zu untersuchen, ob überhaupt ein zu geringer Widerstand vorhanden sei.

Erst Blacket war es, welcher im Jahre 1813 auf den Gedanken kam, durch das Experiment zu untersuchen, ob sich die Sache wirklich verhielte, wie man annahm, ob die Reibung zwischen eisernen Schienen und eisernen Rädern wirklich zu gering sei, um bei[2] der doch[3] nicht unbedeutenden Belastung der Lokomotive[4] eine entsprechende Zugkraft zur Wirkung kommen zu lassen.[5] Dabei fand er denn, dass die Annahme von zu geringer Reibung alles faktischen Grundes entbehre, und dass die Adhäsion der Räder an ihrer Unterlage unter allen Umständen gross genug sei. Damit war das Haupthindernis, welches lange Zeit die Vervollkommnung der Lokomotive gehemmt hatte, beseitigt: die falsche Voraussetzung. Georg Stephenson, der jetzt in die Geschichte der Lokomotive eintritt, war mit dem Stande, auf welchem sich die Maschine befand, und mit den zu ihrer Verbesserung vorgenommenen Versuchen sehr wohl bekannt. Unter seinen und seines Sohnes Händen wurde der Dampfwagen fertig, d. h. er erhielt alle die Hauptbestandteile, welche seinen Mechanismus zu einem so zu sagen organischen machten.

Georg Stephenson, welcher 1781 am 9. Juni zu Wyglam, einem kleinen Orte in der Nähe von Newcastle-upon-Tyne[6] geboren war, gehörte einer armen Arbeiterfamilie an und arbeitete zuerst als Bergmann[7] in den Kohlenwerken der

dortigen Gegend. Mit 14 Jahren etwa überkam er das Amt eines Heizers[1] in einem Maschinenhause; dabei lernte er die Einrichtung der Dampfmaschine kennen und sein offenes Auge, sowie sein mechanisches Geschick liessen ihn bald die Ausführung von Reparaturen für die benachbarten Werkstätten übernehmen. Ohne jede andere Schule als die seiner Erfahrung, ohne andere Mittel als seine hohe Intelligenz, gelang[2] es ihm, von hier ab[3] sich zu einem der Mächtigsten auf dem Gebiete der Maschinentechnik emporzuschwingen,[4] und zwar rasch, wie die Jahreszahlen seiner Erfolge beweisen. Sehr jung verheiratet, ward ihm zeitig[5] der Stolz,[6] seinen Sohn Robert (geboren 1803), dessen eminente Begabung in derselben Richtung, wie seine eigene, sich sehr früh kund gab,[7] zu seinem Mitarbeiter machen zu können.

Georg Stephenson war 1812 als technischer Leiter[8] des Maschinenwesens der Killingworther Kohlengruben angestellt worden. Hier waren schon längere Zeit, wie auch anderwärts, Schienenwege im Gebrauch, und Stephenson übernahm, eine Lokomotive zu bauen, welche die Kohlenwagen von den Gruben[9] bis zum Verschiffungsplatze[10] an dem Ufer des Tyne befördern sollte.

Diese Lokomotive, welche im Juli 1814 aus der Stephenson'schen Werkstatt zu Newcastle hervorging, hatte noch eine grosse Verwandtschaft mit einer Maschine, welche Blacket in Gemeinschaft mit Haddley konstruiert hatte. Bei einer Steigung[11] von 1 : 450 zog sie eine Last von 30 Tonnen mit einer Geschwindigkeit von sechs Kilometer[12] die Stunde.

Zur Vergrösserung der Reibung hatte man ihr ein ziemlich beträchtliches Gewicht gegeben, ausserdem waren die vier Räder durch eine Kette ohne Ende zu einem Ganzen verbunden. Der Feuerraum[13] durchzog[14] als[15] ein Rohr den Kessel und setzte sich in die Esse[16] fort.

Für die Beseitigung der Übelstände, welche bei der Lokomotive von 1814 hervortraten, und für welche ihr Erbauer ein sehr unbefangenes[1] Auge besass, lagen die Hindernisse in manchen Umständen, deren man nicht so ohne weiteres[2] Herr werden konnte.

Die Lokomotive sollte und musste eine gewisse Schwere haben, um die ihr zugemutete Zugkraft ausüben zu können; die Schienen aber, auf denen sie laufen sollte, ertrugen dieses Gewicht nicht, ohne in Gefahr des Brechens zu kommen, war[3] doch damals das Gewicht des laufenden Meters nicht mehr als 12 bis 15 Kg.,[4] während dieselbe Länge heute 35 Kg. wiegt. Bei den Bahnen, um welche es sich zunächst handelte,[5] Kohlenbahnen, konnte von einer Verteuerung, wie sie[6] die Auswechselung der alten Schienen gegen neue im Gefolge haben[7] musste, nicht die Rede sein,[8] wenn nicht dem Urteil über die Lokomotive selbst der empfindlichste Schaden beigebracht werden sollte. Stephenson suchte also zunächst die Vermehrung der Adhäsion ohne Vergrösserung des Eigengewichtes[9] der Maschine dadurch herbeizuführen, dass er die Verkuppelung[10] der Räder durch eine Kette ohne Ende aufgab und dafür mittels einer festen Stange die Räder kuppelte. Als aber zwischen Stockton[11] und Darlington[12] eine Eisenbahn gebaut werden sollte, welche nicht nur für den Kohlentransport, sondern für die allgemeine Beförderung von Frachtgütern auf dieser Strecke dienen sollte, die erste Eisenbahn in dem Sinne, welchen das Wort in der heutigen Verkehrssprache hat, da berücksichtigte er diese Umstände wohl.

Diese Eisenbahn kam vornehmlich auf Betrieb von Edward Pease, einem Aktionär[13] der Killingworther Kohlenwerke, zur Ausführung, der als solcher die Tüchtigkeit Stephenson's kennen gelernt hatte und in ihm den richtigen Mann zur Realisierung seiner Pläne sah. Er gewann Stephenson, der mittlerweile in Gemeinschaft mit dem Ingenieur Dodd

an der Vervollkommnung der Lokomotive weitergearbeitet hatte, zur Übernahme des Baues dieser 61 Kilometer langen Linie. Von den Zeitgenossen wurde der Plan geradezu für einen Unsinn ausgegeben, weil die Bahn zum Teil durch Moräste führte, deren Bewältigung man für unmöglich hielt. Stephenson aber liess sich nicht beirren, er baute nicht nur die Bahn, sondern stattete [1] sie allmählich auch mit Maschinen aus,[1] die fast allein sein eigenstes Werk waren.

Anfänglich zwar war für die Beförderung der Lasten die Zugkraft der Pferde in Aussicht genommen worden, kleinere Lastzüge wurden in der Folge auch wirklich von Pferden gezogen. Die geringe Geschwindigkeit jedoch, die sich damit nur erreichen liess und die für den zu erwartenden lebhaften Betrieb nicht genügte, besonders aber auch Stephenson's Drängen bewirkten, dass sehr bald davon wieder abgegangen und die Einführung der Lokomotive als Zugmittel beschlossen wurde. In Verbindung mit Pease, Richardson und Longridge gründete Stephenson zu Newcastle eine Maschinenanstalt,[2] die sich ausschliesslich mit dem Bau von Lokomotiven beschäftigen sollte. Die Firma wurde bald durch ihre ausgezeichneten Arbeiten weltberühmt. Im September 1825 wurde die Bahn Stockton-Darlington eröffnet, zuerst nur mit drei Lokomotiven für die grossen Lastzüge, da wie gesagt im Anfange noch Pferde verwendet wurden. Als aber die Stephenson-Dodd'sche Maschine sich so glücklich bewährte, entschloss man sich alle Züge durch Dampfwagen befördern zu lassen; damit war also die erste eigentliche Lokomotiv-Eisenbahn eine geschichtliche Thatsache geworden.

Es darf nicht Wunder nehmen, dass die Einrichtungen bei diesem ersten Unternehmen in mancher Hinsicht noch recht unvollkommen waren, und dass die eminenten Vorteile, welche der grosse Verkehr allmählich aus dem Eisenbahnwesen ziehen lernte, zur Zeit kaum erst in schwachen

Andeutungen sich bemerklich machten, keineswegs aber schon erreicht wurden. Trotzdem aber waren die Erfahrungen, welche man machte, hinlänglich ermunternd, um bald darauf für eine ungleich wichtigere Strecke, für die zwischen Liverpool [1] und Manchester,[2] eine Eisenbahn zu projektieren, bei der man denn auch sehr bald für die Lokomotive als Beförderungsmittel sich entschied.

Der enorme Verkehr zwischen den genannten beiden Städten war in den Händen von drei Kanalgesellschaften, deren erste der Herzog von Bridgewater [3] gegründet hatte. Das Monopol, welches den Besitzern der Wasserstrassen zustand, weil für die Herstellung neuer Kanäle das vorhandene Wasser nicht zureichte, hatte nicht nur bereits zu ganz extravaganten Tarifen geführt, sondern auch zu einer Nichtachtung der Interessen des Publikums, welche immer die Folge des Privilegs zu sein pflegt. Ende der zwanziger Jahre waren die Übelstände durch die wachsende Produktion endlich ganz unleidlich geworden. Es wurden Meetings gehalten, um zu beraten, auf welche Weise man aus dieser beklemmenden Situation herauskommen könne, und am 20. Mai 1826 beschloss eine Versammlung namhafter Persönlichkeiten zu Liverpool, eine Compagnie zum Bau einer Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester zu gründen. Trotz der feindseligen Operationen der Kanalgesellschaften gegen die Ausführung dieses Unternehmens erhielt dasselbe gegen Ende des Jahres 1828 doch die Autorisation des Parlamentes. Es war zwar die erste Idee der Gründer der neuen Eisenbahn, dieselbe nur für den Transport von Gütern einzurichten, die Beförderung der Reisenden war noch den Pferdefuhrwerken vorbehalten. Als aber im Jahre 1829 die Frage nach der zweckmässigsten Zugkraft dahin entschieden war, dass bei der Massenhaftigkeit der zu befördernden Güter an die Benutzung von Pferden gar nicht gedacht werden könne, nahm man den Vorschlag Georg Stephen-

son's, welcher gleich Anfangs als Ingenieur der Compagnie angestellt worden war, an und beschloss durch ein Preisausschreiben aus einer Konkurrenz von Lokomotiven diejenige, welche die gestellten Anforderungen am vollkommensten erfüllen würde, heraus zu wählen und den Betrieb mit ihr zu versehen.

Diese Anforderungen waren aber folgende :

Die Maschine (zu sechs Rädern) solle nicht mehr als 6 Tonnen Gewicht haben ; sie müsse auf horizontaler Bahn mit einer Geschwindigkeit von 16 Kilometer per Stunde eine Last von 20 Tonnen einschliesslich ihres Wasser- und Kohlenbedarfes ziehen. Wenn die Maschine nur 5 Tonnen wöge, brauche sie nur 15 Tonnen zu ziehen. Für eine Maschine mit vier Rädern könne das Eigengewicht auf 4½ Tonnen heruntergehen. Endlich dürfe der Preis der Lokomotive 550 Pfd. Sterl. (11,000 Mark) nicht übersteigen.

Dass[1] für eine Linie wie die Liverpool-Manchester war, welche den Kampf mit den alle ihre gewaltigen Hülfsmittel anstrengenden Kanalgesellschaften bestehen sollte, die auf der Stockton-Darlington-Bahn brauchbaren Maschinen nicht genügend waren, lag[2] auf der Hand. Vor allen Dingen war es deren geringe Zugkraft und die sehr mässige Fahrgeschwindigkeit, welche einer Steigerung bedurften. Die geringe Kraftleistung hing aber mit der beschränkten Dampferzeugung ganz direkt zusammen. Wollte man daher grössere Kraft, grössere Geschwindigkeit, so musste notwendigerweise darauf hingearbeitet werden, eine reichlichere Dampfentwickelung zu ermöglichen.[3] Es war schon sehr richtig erkannt worden, dass zu diesem Behufe die Heizfläche[4] des Kessels vergrössert werden müsse, und Georg Stephenson hatte ja deswegen schon sein Feuerrohr durch den Kessel hindurchgeführt ; der französische Ingenieur Marc Seguin hatte dann den Gedanken in genialer Weise ausgebildet, indem er (1827) statt eines einzigen starken

Rohres eine grosse Anzahl von Feuerröhren den Kesselraum durchziehen liess, welche dem entsprechend[1] von geringen Durchmessern waren, allein der Erfolg hing noch von der Erfüllung einer weiteren Vorbedingung ab, welche erst Stephenson bei seiner Preislokomotive löste. Entsprechend mit der Vergrösserung der Heizfläche musste nämlich, wenn die Dampferzeugung im gleichen Verhältnis wachsen sollte, eine um so grössere Menge Kohlen verbrannt werden, was sich nur ermöglichen liess,[2] wenn man ein Mittel fand, um das Zuströmen der Luft zum Verbrennungsraume in gleicher Weise zu verstärken.

Von dem Aushülfsmittel, welches bei unseren Fabrikanlagen seine gute Wirkung thut, die Esse zu verlängern, konnte bei den beweglichen Dampfwagen keine Rede sein.[3] Die Länge der Esse war durch mehr als einen zwingenden Umstand auf ein Minimum beschränkt. Seguin versuchte daher einen Ventilator, den er unterhalb der Feuerstätte placierte; aber derselbe war unbequem und hatte für sich wieder eine ganze Reihe von Übelständen im Gefolge.[4] Da fand Georg Stephenson eine Lösung auf andere Weise, indem er den hochgespannten Dampf aus dem Cylinder in die Esse entweichen liess und dadurch eine so eminente Bewegung der Luft nach aussen bewirkte, dass das Nachströmen frischer Luft durch den Rost der Feuerung mehr als genügenden Sauerstoff für die Verbrennung lieferte.[6]

War[7] auch das Prinzip, auf welchem das sogenannte Dampfblaserohr[8] beruht, also kein vorher unbekanntes, und hatten[9] gleichzeitig andere (wie z. B. Hackworth) derselben Idee ihre Aufmerksamkeit geschenkt, so bleibt es nichtsdestoweniger das grosse Verdienst Stephenson's, diese ausschlaggebende Verbesserung mit einem Schlage zu einem organischen Bestandteile der Lokomotive gemacht zu haben.

Jetzt erst war der Kessel in den Stand gesetzt, seine volle Wirkung auszuüben, und die Eisenbahn, welche von Liver-

pool nach Manchester gebaut wurde, bezeichnet den Anfang der neuen Epoche und damit den grossartigsten Abschnitt in der Geschichte des Weltverkehrs. Denn hier wurde die erste nach den neuen Prinzipien gebaute Lokomotive in Betrieb gesetzt,[1] und durch den Erfolg, den sie errang, machte sie sich sofort zum Modell, nach dem zunächst alle weiteren Maschinen konstruiert wurden. Die Lokomotive, an welcher Stephenson diese epochemachende Einrichtungen zuerst anbrachte, war die 'Rakete,' mit der er bei der von der Liverpool-Manchester-Eisenbahngesellschaft ausgeschriebenen Konkurrenz erschien.

Zu dem Wettkampf waren am 6. Oktober 1829 folgende fünf Lokomotiven angemeldet: 'Rakete' (*the Rocket*) von den beiden Stephenson (Vater und Sohn), 'Sanspareil' von Hackworth, 'Novelty' von Braithwaite und Erickson, 'Perseverance' von Burstall, und 'Cyklop.' Als Preisrichter fungierten Rastrick von Stourbridge, Kennedy von Manchester und Nicolaus Wood von Killingworth. Die Probefahrten selbst fanden auf der Ebene von Rainhill statt, welche auf 3,218 Kilometer eine vollkommen horizontale Bahn bietet. Die Probefahrten dauerten mehrere Tage.

Die 'Rocket' hatte nach dem Programm vier Räder und wog 4,3 Tonnen. Ihr Kessel, von 1,73 Meter Länge, hatte 25 durch denselben gehende kupferne Feuerrohre von 7 Centimeter Durchmesser. Der Dampf trat aus dem Cylinder in die Esse. Fig. 4 stellt die Stephenson'sche Maschine dar. M N ist der Feuerraum, der eine Höhe von 1 Meter und eine Breite von 70 Centimeter hatte. Der Kessel bildete den Hauptteil des Körpers der Maschine, H H sind seine Sicherheitsventile. Der Dampfcylinder A ist gegen die Treibachse so geneigt, dass die Kurbel B durch die Kolbenstange in Umdrehung versetzt werden kann. Die Kohlen befanden sich auf dem Tender E, welcher auch ein Wasserreservoir C mit führte.

Die zweite Maschine 'Sanspareil' war eigentlich durch ihr zu grosses Gewicht von dem Konkurs ausgeschlossen; man liess sie indessen doch an den Fahrten mit teilnehmen, um eventuell, wenn sie besondere Vorzüge zeigen sollte, auf sie zurückzukommen; allein sie erwies sich sehr bald als weit hinter der 'Rakete' zurückstehend. Die 'Novelty' hatte nicht zur richtigen Zeit fertig gestellt werden können, und es mussten die Versuche mit ihr einige

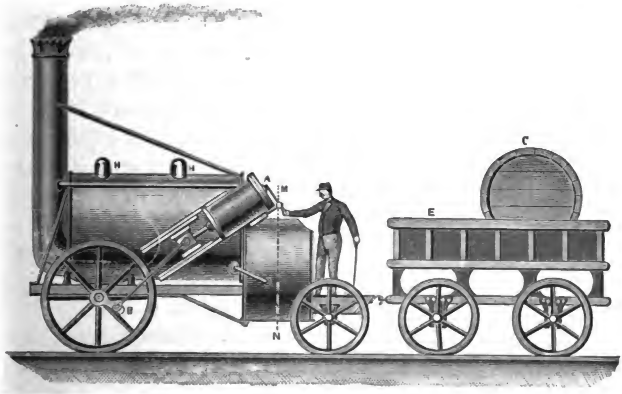


Fig. 4. — Stephenson's Preislokomotive "die Rakete."

Tage später vorgenommen werden. Sie hatte übrigens die Eigentümlichkeit, dass sie ohne Tender war, indem sie Wasser und Kohlen auf dem Dampfwagen selbst mit führte. Im Laufe der Probefahrten, bei denen die 'Novelty' eine Geschwindigkeit von 7 bis im Maximum 13 Kilometer in der Stunde entwickelte, wurde aber der Kessel schadhaft, und die Maschine musste zurückgezogen werden. Ebenso wurde die 'Perseverance' zurückgezogen, weil sie auf dem Transport Unfall erlitten hatte, und die letzte, der 'Cyklop,' entsprach den Anforderungen auch nicht. Keine von diesen

konnte der 'Rakete' den Sieg streitig machen, denn die letztere übertraf die gestellten Anforderungen durch ihre Leistungen bedeutend, indem sie bei einer Geschwindigkeit von 22,5 Kilometer pro Stunde eine Last von 13,000 Kg. auf ebenem Terrain bewegte.

Mit der durch diesen Sieg konstatierten Leistungsfähigkeit gab sie sofort dem ganzen Unternehmen der Liverpool-Manchester-Eisenbahn einen andern Charakter. Hatte man früher auf dieser Bahn nur den Waarentransport im Auge gehabt, so fasste man jetzt ohne weiteres den Entschluss, auch Reisende zu befördern. Probefahrten mit einigen dreissig oder vierzig Personen waren auf dem Felde von Rainhill bereits gemacht worden, und obwohl die neue Beförderungsweise[1] in der ersten Zeit infolge der Konkurrenz, welche die Kanalgesellschaften jetzt, mit Aufgabe aller ihrer bisher genossenen Vorteile, eröffneten, nicht einen für die Aktionäre unmittelbar sehr glänzenden Ertrag gewährte, so war die Zukunft dem Eisenbahnwesen doch auf alle Fälle gewonnen, und ebenso war die Lokomotive als der einzig mögliche Motor bewiesen.

Man erkannte jetzt, und die englische *Quarterly Review* erklärte es entschieden, dass von allen Verwendungen, welche die Dampfkraft bisher gefunden, die Lokomotive die wichtigste sei, indem sie jene Leichtigkeit des Verkehrs zwischen den entferntesten Teilen eines Landes ermöglicht, welche von allen Fortschritten am meisten zu seinem Gedeihen beiträgt, ihm erhöhte Festigkeit und Einheit des Handelns verleiht.

Auf Grund dieses Sieges wurde der Maschinenbau-Anstalt der beiden Stephenson, Vater und Sohn, der Bau sämtlicher Lokomotiven der Liverpool-Manchester-Bahn übertragen. Eine Verlängerung des Kessels und eine Vermehrung des Gesamtgewichtes war nun der nächste Fortschritt, der gemacht wurde. Damit wurde es aber notwendig, von

den bisherigen schwachen Schienen jetzt ganz entschieden abzugehen und stärkere anzuwenden.

Die Cylinder der 'Rakete' lagen, wie aus der Abbildung erhellt, oberhalb der Radachsen und waren gegen diese geneigt. Man kam aber bald darauf, sie horizontal und tiefer, zwischen die Räder zu legen, schon aus dem Grunde, weil durch ein solches Arrangement der Schwerpunkt des Ganzen mehr nach unten gerückt wurde und die Lokomotive somit eine grössere Stabilität erhielt. Mit dieser Einrichtung war jedoch ein Übelstand verbunden, der bei dem damaligen[1] Stande der Eisentechnik schwer ins Gewicht fiel.[2] Die Treibachse musste nämlich doppelt gekröpft[3] werden, und da damals die Herstellung solcher Achsen Schwierigkeiten bot, so zogen es manche Konstrukteure vor, die Cylinder, wie schon Hacworth 1825 gethan hatte, wieder auswärts anzubringen. Heutzutage sind selbstverständlich derartige Umstände keine Schwierigkeiten mehr.

Wie wir bald sehen werden, wenn wir uns mit der Einrichtung der Lokomotive näher bekannt machen, war das Wesen dieser Maschine durch die beiden Stephenson, welche gemeinschaftlich die 'Rakete' ersonnen hatten, in seinen Grundprinzipien vollständig erschöpft. Das Prinzip, nach dem Lokomotiven gebaut werden, ist denn auch bis heute dasselbe geblieben, welches die beiden genialen Ingenieure aufgestellt haben; die Abänderungen, welche naturgemäss nicht vorweg ausgeschlossen sein konnten, beziehen sich auf Einzelheiten des Arrangements, der Steuerung[4] und der Ausnutzung[5] der Expansion des Dampfes u. s. w., und sind in diesen Punkten von den Vervollkommnungen abhängig gewesen, die der Dampfmaschine noch zuteil geworden sind. Solcher Art sind die Verbesserungen, welche Claveiron in Frankreich auf der Bahn von Paris nach St. Germain mit seiner Expansionsmaschine und Robert Stephenson mit der sogenannten

Coulissensteuerung[1] eingeführt hat. Oder es sind Einrichtungen für specielle Fälle, Eilzugslokomotiven[2] und Lastzugslokomotiven,[3] oder für besondere Bodenverhältnisse,[4] wie solche namentlich bei den[5] von englischen Terrainverhältnissen ganz verschiedenen kontinentalen Eisenbahnlinien[5] vorkamen. Als man sich getraute, Wasserscheiden[6] mit den Eisenbahnen zu übersteigen und[7] die Linien durch enge Thäler in scharfen Kurven führen musste, traten die Lokomotivbauer vor eine neue Aufgabe.

In England machten sich derartige Bedürfnisse nicht sobald bemerklich als anderwärts. Um sich in Bezug auf Steigung und Krümmung[8] der Bahnlinie mehr Freiheit zu verschaffen, bauten Balduin und Norris in Philadelphia bereits 1833 Lokomotiven, deren Vorderteil beweglich war und das Befahren scharfer Kurven gestattete. Bei uns war es vorzüglich die Bahn über den Semmering[9] (1850), welche die erste grossartige Gebirgsübersteigung zur Thatsache machte, und für die allerdings ganz besonders kräftige Zugmaschinen zu beschaffen waren. Den Preis, der hier für die beste Gebirgslokomotive ausgesetzt wurde, welche auf Steigungen von 1 zu 40 und in scharfen Kurven eine angehängte Last von 2500 Centner[10] mit einer Geschwindigkeit von 12 Kilometer in der Stunde ziehen sollte, erhielt die von der Maffei'schen Maschinenbauanstalt in München gelieferte Lokomotive 'Bavaria.'

IV.

Seitdem haben auch auf diesem Gebiete neue Erfindungen sich Eingang verschafft. Es leuchtet ein, dass für stark geneigte Gebirgsbahnen die Adhäsion der gewöhnlichen Lokomotiven, welche für horizontale Bahnen genügt, nicht mehr hinreichend sein wird, um der Maschine die verlangte

Zugkraft zu geben. Die Gebirgs-Lokomotiven sind aus diesem Grunde schon sehr viel schwerer, als die für flaches Terrain. Man hat nun, weil die Belastung des Dampfwagens als todte Masse kostspielig zu befördern ist, versucht, durch andere Mittel die Reibung zwischen Lokomotive und Bahn zu vermehren. Die schon für die Semmeringbahn von Krauss in Hannover vorgeschlagene Einrichtung, nach welcher zwischen die beiden Schienen des Geleises eine dritte Schiene etwas erhöht gelegt werden sollte, gegen welche von beiden Seiten Friktionsräder angepresst wurden, ist später von Fell für die Interimsbahn für den Mont Cenis [1] mit Erfolg benutzt worden. Für die noch steiler aufsteigenden Bahnen, wie sie in den letzten Jahren Mode geworden sind, um bequeme Touristen auf hochgelegene Aussichtspunkte der Schweiz und anderswo zu transportieren, hat man in der Mitte eine Zahnstange [2] angebracht, an welcher sich die Lokomotive mittels eines eingreifenden [3] Zahnrades [4] emporhaspelt.

Um die neuesten Errungenschaften auf dem Gebiete des Dampfmaschinenbaues zu verstehen, wäre ein näheres Eingehen auf die ganze Konstruktion der Maschinen erforderlich; dieses kann aber natürlich nicht der Zweck des gegenwärtigen Artikels sein, der sich innerhalb der Grenzen einer gemeinverständlichen wissenschaftlichen Erklärung bewegt. — Das Sicherheitsventil, jener für die Umgebung von Dampfkesseln so bedeutsame Apparat, dürfte jedoch eine kurze Erwähnung mit Recht beanspruchen. Man hat sehr verschiedene Mittel angewandt, um, [5] wenn ja [6] einmal die Spannung des Dampfes im Innern des Kessels jene Höhe erreichen sollte, für welche die Wände nur ungenügenden Widerstand zu leisten vermögen, alle Gefahren einer Explosion zu beseitigen und dem Dampfe sich selbst einen Ausgang verschaffen zu lassen. Namentlich ist man zu wiederholten Malen darauf zurückgekommen, in die

obere Kesselwand Platten[1] von eigentümlichen Metalllegierungen[2] einsetzen zu lassen, deren Schmelzpunkt man genau in der Weise regulieren konnte, dass sie eher zusammen schmelzen, als der Dampf die eisernen Kesselplatten zerdrücken kann. Indessen haben sich doch diese Vorrichtungen *in praxi* nicht so zweckmässig erwiesen, als es scheinen möchte, und es bleibt das einfache Kegelventil,[3] welches mit einem entsprechenden Gewicht von aussen belastet[4] und dadurch in eine genau anschliessende Öffnung gepresst wird, das Sicherste, denn man hat es hier ganz in seiner Gewalt,[5] jeden Augenblick durch Veränderung des Hebelarmes,[6] an welchem das Gewicht wirkt, den Druck desselben den Umständen gemäss[7] modifizieren zu können, und man wendet es daher auch jetzt fast ausschliesslich an. Gerade die leichte Veränderbarkeit seines Widerstandes hat zwar mancherlei Bedenken[8] erregt, die darin ihre Stütze suchen, dass der für das Leben anderer so wichtige Apparat, einer leichtsinnigen Behandlung preisgegeben,[9] seinem Zwecke ganz und gar verloren[10] gehen kann. Allein verwirft man das Messer, weil damit schon Menschen getötet worden sind? Übrigens beseitigt kein Sicherheitsventil alle Gefahren, welche möglicher Weise bei einem Dampfkessel eintreten können. Kesselexplosionen entstehen nämentlich durch das Bersten der[11] sich aus den mineralischen Rückständen des verdampfenden Wassers absetzenden Schicht,[11] des Kesselsteines,[12] wodurch dann der unterhalb glühende Kesselboden mit dem zutretenden Wasser in Berührung kommt und die Dampfentwickelung eine so plötzliche und ungeheuere wird, dass die Kesselwände den Druck nicht auszuhalten vermögen — sie treten ein[13] trotz des Sicherheitsventils, und nur die ängstlichste Vorsicht, die gewissenhafteste Beobachtung aller Umstände und rechtzeitige Ergreifung von Gegenmassregeln kann sie vermeiden. Nirgends ist mehr Gewissenhaftigkeit erforder-

lich, als wo sich der Mensch mit seinen schwachen Kräften zum Beherrscher eines Riesen aufwirft, wie der Dampf ist.

Auf die ungemeine Wichtigkeit der von Stephenson erfundenen Coulissensteuerung[1] möchten wir noch einmal aufmerksam machen. Die scharfsinnige Einrichtung dieses Apparats wird durch Folgendes verständlich werden. Wie sich uns sofort ergiebt, stimmt[2] der Bewegungsmechanismus der Lokomotive vollständig überein[2] mit dem Bewegungsmechanismus einer Dampfmaschine mit liegendem[3] Cylinder, nur dass die Stelle des Schwungrades durch die Treibräder eingenommen wird. Dort wie hier wird die Zuleitung des Dampfes bald vor, bald hinter den Kolben durch ein Excentrik[4] bewirkt, an welchem die Schieberstange[5] hängt; bei der Lokomotive findet jedoch der Unterschied statt, dass nicht blos *eine* Excentrikscheibe sich auf jeder Seite der Treibräderachse befindet, sondern zwei, dicht neben einander, deren Excentrizitäten entgegensetzt sind, so dass, wenn die eine Scheibe den Dampf vor den Kolben leitet, die andere ihn hinter denselben leiten würde. Das Excentrik wird von einem Ringe umgeben, in welchem sich die Scheibe dreht und an dem die Schieberstange[5] hängt. Von den beiden Excenterscheiben der Lokomotive ist aber immer nur die eine in dieser Weise in Verbindung mit dem Schieber; mittels des Hebels kann jedoch sofort die Schieberstange auf das andere Excenter geschoben und damit bewirkt werden, dass augenblicklich die entgegengesetzte Dampfzuleitung eintritt, die Richtung der Lokomotive sich also in die entgegengesetzte ändert. Eine dritte Scheibe ist noch vorhanden, welche, mit dem Schieber in Verbindung gesetzt,[6] bewirkt, dass die Maschine ganz still steht. Der Hebel wirkt natürlich so, dass auch für den auf der andern Seite liegenden Cylinder dieselbe Schieberänderung eintritt.

V.

Bei dem Bestreben, die Expansion des Dampfes aus Rücksicht auf ökonomischeste Wirkungsweise soweit als möglich zu treiben, kam man bald zu der Erkenntnis, dass die grosse Expansion bei nur einem Cylinder eine verhältnissmässig starke Abkühlung nach sich zog[1] und so die Vorteile der hohen Expansion zum Teil wieder aufhob.[2] Ausserdem tritt[3] bei den eincylindrigen Maschinen ein sehr unregelmässiger Gang ein,[3] und infolge der starken Druckdifferenzen erreicht der Dampfverlust durch Undichtigkeit des Kolbens oft eine bedeutende Höhe.

Alle diese Umstände führten zur Konstruktion der Zweicylindermaschinen, die sich in zwei Klassen (Woolfsche und Compound-Maschinen) einteilen lassen. Das Prinzip, auf welchem beide Klassen beruhen, lässt sich kurz so ausdrücken: Der Kesseldampf, auch Admissionsdampf genannt, wirkt zuerst in einem kleinern Cylinder entweder mit vollem Druck während des ganzen Kolbenhubes oder mit teilweiser Expansion und gibt[4] so nur einen Teil seiner Arbeit ab.[4] Die durch Expansion noch zu erzielende Kraftleistung wird durch einen grössern Cylinder, in welchen der Dampf aus dem kleinern geleitet wird, nutzbar gemacht. Das unterscheidende Merkmal der beiden genannten Arten von Dampfmaschinen besteht darin, dass in der Woolfschen Maschine beide Kolben sich derart bewegen, dass sie ihren Hub gleichzeitig vollenden, die Kurbeln also gar nicht oder um einen Winkel von 180° verstellt sind, während die Compound-Maschinen um einen Winkel von 90° verstellte Kurbeln haben, so dass der eine Kolben in der Mitte des Hubes steht, wenn der andere am Ende seines Wegs angelangt ist. Die letztere Anordnung sichert der Maschine einen gleichförmigen Gang, macht jedoch ein Zwischenreservoir notwendig, welches den Dampf auf seinem Wege

vom kleinen Cylinder in den grossen aufnimmt. Dieses Reservoir, auch Dampfkammer oder Receiver genannt, hat der Klasse der Compound-Maschinen den Namen Receiver-Dampfmaschinen verschafft.

Dampfkessel ist ein zur Erzeugung von Dampf für technische Zwecke dienender Apparat. Derselbe bildet ein geschlossenes, heizbares Gefäss, welches teilweise mit Wasser gefüllt wird und dessen übriger Teil dazu bestimmt ist, den entwickelten Dampf aufzunehmen. Dampfkessel werden vorwiegend[1] aus Eisenblech[2] oder Stahlblech[3] hergestellt ; das Kupfer findet des hohen Preises wegen nur zu einigen Teilen der Dampfkessel Verwendung und Gusseisen[4] darf mit Rücksicht auf seine geringe Festigkeit in den meisten Staaten als Dampfkesselmaterial nicht benutzt werden. Als unzertrennbares Zubehör[5] des Dampfkessels ist die Feuerung zu betrachten, welche die zur Dampfbildung nötige Wärme erzeugt. Da die Dampfkessel in den weitaus meisten Fällen Dampf von hoher Spannung zu liefern haben, ist in erster Linie die Höhe dieses Drucks für die Konstruktion des Dampfkessels und die Stärke des zu verwendenden Materials massgebend. Da aber von jedem Dampfkessel auch eine ökonomische Wirkungsweise verlangt wird, d. h. dass derselbe mit einer bestimmten Brennstoffmenge die grösstmögliche Dampfmenge erzeugt, so sind es diese beiden Faktoren, welche namentlich in neuerer Zeit bei Dampfkesselanlagen[6] bestimmend auftreten.

Die Formen, die man den Dampfkesseln gibt, sind äusserst mannigfaltig und setzen sich zusammen mit Rücksicht auf die Verwendungsweise und den hierdurch bedingten Grad der Festigkeit. In Bezug auf letzteren Punkt würde die Kugelgestalt die zweckmässigste sein, da dieselbe unter sonst gleichen Umständen die grösste Widerstandsfähigkeit besitzt und mithin die dünnsten Wandungen zulässt. Da jedoch ein solcher Kessel hin-

sichtlich der günstigen Ausnutzung des Brennmaterials sich als unzweckmässig erweist, so hatte man als Grundform die Form einer cylindrischen Röhre mit annähernd kugelförmigen Enden angenommen, welche auch jetzt noch viel angewendet wird, weil sie in Bezug auf Widerstandsfähigkeit der Kugelform wenig nachsteht, dabei aber eine vollständigere Ausnutzung der Wärme gestattet. Nur ganz besondere Umstände lassen eine Abweichung von der cylindrischen Form gerechtfertigt erscheinen. So ist bei der Konstruktion der Lokomobil- und Lokomotivkessel die Anbringung eines parallelopipedischen oder kastenartigen Vorderteils nicht immer zu vermeiden; auch Schiffskessel können häufig nicht durchweg aus cylindrischen Teilen zusammengesetzt werden.

An jedem Dampfkessel unterscheidet man folgende drei Hauptteile: den Wasserraum, den Dampfraum und die Heizfläche. Die Grösse dieser einzelnen Teile an sich und im Verhältnis zu einander wird durch die Umstände bedingt, unter denen der Kessel Verwendung finden soll. Unter Wasserraum ist derjenige Teil des Kessels zu verstehen, welcher stets mit Wasser gefüllt ist. Die Grösse der in demselben enthaltenen Wassermenge ist von bedeutendem Einfluss auf die Dampfentwickelung. Je grösser die Wassermasse ist, um so regelmässiger ist die Dampfentwickelung und dieser Umstand bietet ein einfaches Mittel, um Unregelmässigkeiten in der Wärmezuführung und dem Dampfverbrauch auszugleichen, so dass das Kesselwasser gleichsam als Wärmereservoir wirkt. Demnach ist bei solchen Kesseln, wo die Dampfentnahme eine sehr ungleiche ist, ein grosser Wasserraum erforderlich, während da, wo der Dampfverbrauch mehr konstant ist und eine rasche Dampfentwickelung verlangt wird, ein kleiner Wasserraum angemessen ist. Der Dampfraum hat hauptsächlich den Zweck, dem Dampf Zeit zu lassen, sich

von den mitgerissenen Wasserteilchen zu trennen; als Dampfsammler ist seine Wirkung bei weitem nicht so bedeutend, als die des Wasserraums und es ist eine irrige Ansicht, wenn man glaubt, durch grosse Dampfräume Unregelmässigkeiten im Dampfverbrauch kompensieren zu können. Die *Heizfläche* ist derjenige Teil der Kesseloberfläche, welcher einerseits mit der Flamme und den Verbrennungsgasen, andererseits mit dem Kesselwasser in Berührung ist, also diejenige Wandung des Kessels, welche die Wärme des Feuers aufnimmt und an das Kesselwasser abgibt. Augenscheinlich wird ein Kessel um so mehr Dampf entwickeln, je grösser seine Heizfläche ist, und es gehen daher alle neuern Konstruktionen von dem Gedanken aus, auf möglichst kleinen Raum eine möglichst grosse Heizfläche zu schaffen. Die Heizfläche wird ihrem Zweck, Überführung der Heizwärme in das Kesselwasser, um so besser entsprechen, je reiner ihre Oberfläche auf beiden Seiten ist. Beim Betrieb der Dampfkessel bildet sich jedoch Russ[1] und Rost[2] auf der einen Seite, Kesselstein[3] und Schlamm auf der andern Seite, die als schlechte Wärmeleiter die Wirkung der Heizfläche wesentlich beeinträchtigen, ein Übelstand, dem man durch verschiedene Mittel zu begegnen sucht.

Geologie.[1]

I.

Die Geologie oder Erdgeschichte umfasst alle Untersuchungsgebiete,[2] welche sich mit unserer Erde befassen. Ein Gesamtbild von unserer Erde sich zu machen, ist sehr schwierig, denn dabei müssen nicht nur die pflanzlichen[3] und tierischen Bewohner, die Verteilung von Festland und Meer in Betracht[4] gezogen werden, sondern es[5] knüpfen sich daran auch sofort die Fragen über die Zusammensetzung, den Aufbau und die Bildung der Erdoberfläche, sowie über die Entwickelung ihrer Bewohner. Alles das sind Fragen, welche in das Gebiet der Geologie fallen, und auf welche sie auch in vielen Fällen genügende und sichere Auskunft geben kann. Freilich gibt es auch eine Reihe von Problemen, auf welche nur mit Theorien und Hypothesen geantwortet werden kann; dass aber auch diese jetzt noch ungelösten Probleme in nicht mehr allzulanger Zeit eine befriedigende Erklärung finden, ist zu erwarten, denn unsere Wissenschaft ist eine sehr jugendliche und täglich mehren sich die Resultate, welche einen Beitrag zu dem Gesamtbild der Erdgeschichte liefern.

Es wird bekanntermassen angenommen, dass die Erde wie die anderen Planeten sich in gasförmigem Zustand von der Sonne abgelöst habe,[6] um nun als selbständiger Weltkörper, aber immer noch in Abhängigkeit von ihrem Entstehungspunkt im Weltraum zu schweben. Es[7] ist dieser Ursprung der Erde zwar nur eine Hypothese, aber diese

wird zur grössten Wahrscheinlichkeit gemacht, da eine Reihe von Erscheinungen mit ihr in vollem Einklang stehen, die sich auf andere Weise kaum erklären liessen (Kreislauf[1] der Erde um die Sonne, Verhältniss zu den andern Planeten, Abplattung[2] an den Polen).

Die ursprünglich gasförmige Kugel musste sich schliesslich im Weltraum von aussen her abkühlen, und die ursprünglich gasförmigen Elemente begannen in glutflüssigen Zustand überzugehen, bis auch dieser schliesslich dem festen Zustande wich.[3] So bildete sich die erste Erstarrungskruste[4] der Erde, welche mit der Zeit immer mehr an Dichtigkeit zunahm. Auch heutzutage ist die Erde noch keineswegs vollständig erstarrt, sondern die glutflüssigen Lavamassen der Vulkane, die heissen Quellen und Geysirs,[5] wie die Beobachtungen in Bohrlöchern[6] und Bergwerken, welche eine stetige Zunahme der Temperatur nach der Tiefe ergeben, beweisen uns mit Sicherheit, dass im Erdinnern noch Verhältnisse herrschen, unter denen die Gesteine sich in flüssigem, vielleicht sogar in gasförmig überhitztem[7] Zustande befinden. Die Erstarrung ging aber nicht ruhig vor sich,[8] indem jedes Element für sich erstarrt wäre, sondern sie war verbunden mit grossartigen und komplizierten chemischen Prozessen, als deren Endresultat uns jetzt die Mineralkörper entgegentreten. Die Untersuchung der Mineralien und ihrer Eigenschaften ist Aufgabe der Mineralogie, unsere Aufgabe ist es dagegen, das gesetzmässige Zusammentreten der Mineralbestandteile zu Gesteinen kennen zu lernen, um einen Überblick über das Material zu bekommen, aus welchem sich die Erdkruste aufbaut. Die Wissenschaft, welche sich mit der Gesteinslehre befasst, ist die Petrographie.[9] Ihre Untersuchungen werden teils auf chemischem, teils auf krystallographischem Wege durchgeführt, und zur Lösung dieser Aufgabe dient vor allem das Mikroscop.

Man unterscheidet unter den Gemengteilen[1] der Gesteine wesentliche Bestandteile,[2] d. h. solche, welche für den betreffenden Gesteinscharakter massgebend[3] sind und in demselben nie fehlen, und accessorische Bestandteile, welche nur gelegentlich und auf Lokalitäten beschränkt in dem betreffenden Gestein vorkommen. Diese accessorischen Bestandteile treten[4] gewöhnlich in Form von Krystallen oder Körnern in dem Gestein auf,[4] ballen sich häufig auch zusammen und können unter Umständen in solcher Menge ausgebildet sein, dass sie die wesentlichen Bestandteile bei weitem überwiegen und so dem Gesteinstypus einen ganz verschiedenartigen Charakter aufprägen. Man bezeichnet solche Ausbildung als Gesteinsvarietäten.

Wir können die Gesteine von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachten, indem wir entweder ihre Bildungsweise (Petrogenese[5]) als Ausgangspunkt nehmen, oder indem wir sie auf ihre Zusammensetzung (Petrographie[6]) prüfen. Im ersteren Falle erhalten wir 2 Hauptgruppen:

1. Gesteine von massiger Struktur, die als feuerflüssige Massen aus dem Erdinnern emporgedrungen sind, sog.[7] Eruptivgesteine.

2. Mehr oder minder deutlich geschichtete[8] Gesteine, die ihre Bildung auf wässerigem[9] Wege durch Meeresablagerungen u. s. w. durchgemacht haben — sog.[7] Sedimentärgesteine.

Der zweite (petrographische) Weg lässt uns 3 Gruppen von Gesteinen unterscheiden, welche natürlich teils Eruptivgesteinen teils Sedimentärgesteinen angehören können.

1. Einfache Gesteine, die nur aus einer einzigen Mineralsubstanz bestehen.

2. Gemengte Gesteine, die aus einem Gemenge mehrerer Mineralsubstanzen zusammengesetzt sind.

3. Trümmergesteine (klastische[10] Gesteine), welche

zum grossen Teile aus losen oder verkitteten[1] Trümmern und aus erdigen oder sandigen Überresten anderer Gesteine gebildet sind.

Es kann sich hier nicht um ein näheres Eingehen in alle diese einzelnen Untersuchungsgebiete handeln, und so können wir nur auf die erste Gruppe (einfache Gesteine) Bezug nehmen.

Eis (Wasser H_2O). Das aus Schnee entstandene Gletschereis[2] bildet sowohl wegen seines massenhaften Auftretens, als auch wegen seiner umwälzenden Kraft einen überaus wichtigen geologischen Faktor[3] von der Diluvialzeit[4] ab bis zur Jetztzeit.

Quarz (Kieselsäure[5] SiO_2) ist eines der häufigsten Mineralien und tritt in der verschiedenartigsten Form auf. Er bildet wesentliche Bestandteile der meisten krystallinischen Schiefer,[6] der Granite, Quarzporphyre,[7] Quarzdiorite,[8] sodann der Sandsteine und der meisten Thonschiefer.[9] In den Hohlräumen[10] und Gängen[11] krystallisiert Quarz häufig aus[12] (Bergkrystalle[13]), aber auch im vulkanischen Gestein sind die Krystalle nicht selten ringsum ausgebildet (porphyrische Ausbildung). Tritt der Quarz in grossen Massen auf, so ist er in die einfachen Gesteine einzureihen; so der Quarzit,[14] eine körnige bis dichte Quarzmasse zum Teil wohl geschichtet, und der Kieselschiefer,[15] meist schwarzes, dichtes, dünnschiefriges Quarzgestein, beide in den älteren Schiefern vorherrschend. Feuerstein,[16] Hornstein,[17] Jaspis[18] sind nicht selten Begleiter der Kalkformationen,[19] dazu treten noch aus der Gruppe der Opale[20] oder Kieselsäure-Hydrate in den jüngeren Formationen die Absätze heisser Quellen, sog.[21] Kieselsinter.[22]

Eisenerze. — Die Eisenverbindungen treten[23] in allen Gesteinen in grosser Menge auf und verleihen denselben bei der Verwitterung[24] meist die rostig braune Färbung. Manchmal bilden die Eisenerze mächtige Ablagerungen und

sind deshalb als einfache Gesteine aufzuführen. Hierher gehört der Brauneisenstein[1] ($Fe_4O_3 [HO]_6$) (Rasenerz und Bohnerz), Roteisenstein (Fe_2O_3) besonders häufig als mächtige Eisenoolithe entwickelt, Magneteisenstein[2] (Fe_3O_4) teils in grossen Lagen in den archäischen Formationen, teils als accessorischer Bestandteil fast aller massigen Gesteine und der krystallinischen Schiefer. Spateisenstein[3] und Thoneisenstein, die kohlensaure Verbindung des Eisens ($FeCO_3$ mit Verunreinigungen durch Ca, Mg, Mn und Thon) findet sich bald[4] in Gängen ausgeschieden, bald selbständige Stöcke bildend.

In ähnlicher Weise oder mit den Eisenerzen verbunden treten die Mangan-[5] und Titanerze auf.

Steinsalz,[6] (NaCl). Das Chlornatrium findet sich in allen sedimentären Formationen, wo es sich durch Verdunstung des Meerwassers niedergeschlagen hat.* In der Regel ist es nicht vollständig rein, sondern verunreinigt durch Anhydrit[7] (Salzthon), dazu treten in den oberen Lagen (z. B. Stassfurt[8]) noch eine Reihe anderer Verbindungen, Chlorkalium oder Sylvin,[9] Chlorcalcium und Chlormagnesium (Carnallit). Die Mächtigkeit der Salzlager ist oft eine ganz enorme; bei Sperenberg[10] (unweit Berlin) über 1300 m, bei Wieliczka[11] stellenweise über 1400 m.

Das häufigste Carbonat[12] ist der kohlensaure Kalk ($CaCO_3$), Kalkspat[13] und Kalkstein,[14] welcher den grössten

* 1 Kilo Meerwasser enthält:

Chlornatrium	27,18
Chlormagnesium	3,35
schwefelsaure Magnesia . .	2,27
schwefelsauren Kalk . . .	1,27
Chlorkalium	0,61
Brommagnesium	0,05
doppelkohlens. Kalk . . .	0,04
	34,77 Gramm.

Teil der Sedimentärformationen bildet. Je nach der Struktur und Verunreinigungen durch Thon unterscheidet man eine Reihe von Varietäten. Marmor oder körniger Kalk tritt meist in den alten Formationen auf; gemeiner Kalkstein ist von sehr feinem Korn und gewöhnlich durch fremde Mineralsubstanzen (Thon, Kieselsäure, Dolomit,[1] Eisen und Bitumen[2]) verunreinigt und gefärbt. Nach der Struktur lässt sich dichter, oolitischer (aus kleinen rundlichen Körnern zusammengesetzt, Rogensteine), poröser (Kalktuff[3]) und erdiger (Kreide) Kalkstein unterscheiden. Im Kalkgestein finden sich am häufigsten und schönsten die Versteinerungen[4] erhalten.

Dolomit. Verschiedenartige Mischung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Bittererde[5] ($CaMgCO_3$). Auftreten[6] weniger häufig als Kalkstein, aber in derselben Weise und mit diesem verbunden. Die porösen zelligen Varietäten heissen Rauchwacke.[7]

Anhydrit und Gips[8] (wasserfreies und wasserhaltiges Calciumsulfat, $CaSO_4 . 2H_2O$). Beide treten besonders in den thonigen Schichten auf und sind stete Begleiter des Steinsalzes. Auch hier herrschen meist Verunreinigungen durch Kalk, Thon, Eisen und Bitumen vor.

Die Phosphate[9] sind im allgemeinen selten, nur der phosphorsaure Kalk oder Apatit[10] ($Ca_5Cl\,[PO_4]_3$) tritt in den meisten Gesteinen als accessorischer Bestandteil auf, und ist in einzelnen Gegenden als Phosphoritgestein von grossem technischem Werte.

Die ausserordentlich formenreiche Gruppe der Silikate ist von besonderer Bedeutung für die gemengten Gesteine, da die meisten Mineralien der vulkanischen Gesteine zur Gruppe der Silikate zu zählen sind. Als selbständige einfache Gesteine treten sie jedoch nur selten auf.

Organische Verbindungen. — Diese finden sich ausschliesslich in den sedimentären Formationen und sind aus

der Zersetzung und Verkohlung[1] von tierischen und pflanzlichen Überresten entstanden. Die organischen Verbindungen treten entweder als Kohlenwasserstoffe[2] (Petroleum, Naphtha, Steinöl) meist als Imprägnierung erdiger Gesteine, oder als Harze (Bernstein, Copal, Asphalt) oder auch als Kohlen auf. Die Kohlen entstehen aus Pflanzen und können wir deren Bildung an den Torfmooren[3] heute noch beobachten; je[4] älter die Kohlenablagerungen sind, um so[4] fester wird das Gestein und um so grösser der Gehalt an Kohlenstoff. Die grössten Kohlen-Ablagerungen treffen wir in der Steinkohlenformation.[5] Nach dem Gehalt an Kohlenstoff, der Festigkeit[6] und dem Alter unterscheidet man Anthracit,[7] Steinkohle (Glanzkohle,[8] Grobkohle, Schieferkohle, Russkohle, Faserkohle) Braunkohle[9] und Torf.

II.

Die Bildung der Erdoberfläche.

Unter welchen Umständen ist die Bildung der Erdoberfläche mit ihren Bergen und Thälern vor sich gegangen? Die Sedimentärgesteine sind aus Niederschlägen des Wassers gebildet und darum ursprünglich in horizontalen Schichten abgelagert; demungeachtet sehen wir sie aber zum grössten Teile in schräger Stellung auftreten und müssen deshalb annehmen, dass nach der Ablagerung noch weitere Veränderungen in örtlicher Beziehung oder Dislokationen vor sich gegangen sind. Zu demselben Resultate führt uns die Beobachtung, dass wir auf den höchsten Berggipfeln in den Gesteinen Versteinerungen finden, welche für eine Tiefsee-Ablagerung sprechen; wo also jetzt ein hoher Berg steht, musste früher tiefes Meer gewesen sein. Es ist nicht möglich, dass früher auf der Erde mehr Wasser vorhanden war, als jetzt; es sind daher solche Erscheinungen

nur durch ein mit bedeutenden Niveauveränderungen verbundenes Schwanken der Erdoberfläche zu erklären.

Wir gehen wieder von der Hypothese aus, dass die Erde aus einem ursprünglich gasförmigen, dann feuerflüssigen Zustand erstarrt ist. Mit dieser Erstarrung ging natürlich auch eine Zusammenziehung,[1] eine Verringerung des Volumens Hand in Hand. Von der Zeit ab, da sich um die Erde eine starre Kruste gebildet hatte, traten in diesem Mantel[2] ganz abnorme Spannungsverhältnisse[3] ein, da der Mantel zwar das Bestreben hatte, sich dem innern Kerne[4] anzulegen, der immer mehr zusammenschrumpfte, aber durch seine Starrheit daran verhindert wurde. Schliesslich musste es zu einem Brechen und Verschieben in dem Mantel kommen, um die Wölbung zu verringern; einzelne Teile schoben sich übereinander, andere wurden quer gestellt und dadurch ergab sich für weitere Massen Platz, um abzusinken. Das Bild des ursprünglich gleichen Mantels wurde nun ein sehr verworrenes, die Oberfläche wurde bedeckt mit Sprüngen und Rissen, und infolge der Verschiebungen entstanden Einsenkungen und Erhöhungen. Dieser Prozess des Schrumpfens der Erde und ihrer Kruste dauerte aber durch alle Formationen bis zur Jetztzeit fort und so sehen wir auch heute noch dieselben Erscheinungen wie damals. Wir müssen uns aber davor hüten, uns diese Verschiebungen ruckweise und katastrophenartig zu denken, sondern sie gehen so langsam und gleichmässig vor sich, dass sie sich in den meisten Fällen unserer direkten Beobachtung[5] vollständig entziehen.

Man bezeichnet diese langsamen Verschiebungen als säkulare[6] Hebungen und Senkungen, da es vieler Jahrhunderte bedarf, bis ihre Spuren auffällig werden. Diesen Bewegungen unterliegen ganze Kontinente ziemlich gleichmässig und dies erschwert natürlich sehr die Beobachtung, doch bleiben uns in den Veränderungen der Küsten, mensch-

lichen Wohnstätten, die jetzt unter dem Meeresspiegel liegen, den merkwürdigen Bauten der Korallenriffe,[1] ferner echten Meeresbildungen hoch über dem jetzigen Meeresniveau und andern Erscheinungen noch genügende Beweise, dass eine fortwährende Veränderung in dem Verhältnis von Meer und Festland stattfindet. Als Beispiele von Hebungen mögen die schwedischen Küsten angeführt sein, wo die Hebung auf Grund von eingeschlagenen Wassermarken in einem Jahrhundert bis zu 1,36 m betragen hat. Als Beispiel kontinentaler Senkung dient am besten Polynesien[2] mit der kontinentalen Tierwelt, die wir dort finden, und den grossen Korallenbauten.

Die riffbildenden Korallen leben nur in geringer Tiefe unter dem Meeresspiegel; nun finden wir aber Riffe, die bis

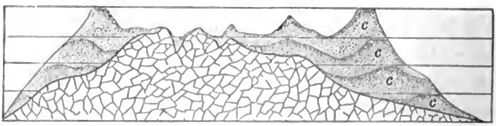


FIG. 5. — Korallenriff Bildung.

c—c, Verschiedene Meeresfläche und die damit verbundenen Stadien in der Entwickelung des Riffes.

zu bedeutender Tiefe hinabreichen. Dies ist nur dadurch erklärlich, dass der Boden früher nur wenige Meter unter dem Meeresspiegel lag, auf dem sich die Korallen ansiedelten; durch fortdauerndes langsames Sinken des Untergrundes werden die Korallen gezwungen, immer wieder auf den alten abgestorbenen[3] Stöcken aufzubauen, um nicht mit in die Tiefe zu sinken. So entstehen die Korallenriffe und Koralleninseln.

Die weitgehenden Veränderungen, welche kontinentale Verschiebungen mit sich bringen, lernen wir erst kennen, wenn wir die geologischen Perioden in Betracht ziehen;

ganze Weltteile, welche jetzt Festland sind, waren früher überflutet, und in einzelnen Fällen können wir noch auf das klarste das langsame Vordringen des Meeres über das alte Festland in geologischen Perioden nachweisen. Wie die grossen Erdmassen im ganzen, so unterliegen auch wieder die einzelnen Teile einer Verschiebung und Veränderung aus ihrer ursprünglichen Lage. An einzelnen Punkten muss es zu einem Ausgleich des übermässigen Druckes kommen und dort werden nun die Massen entweder zusammengeschoben und emporgehoben, oder auch hat sich Platz gebildet, um ein Zusammenbrechen und Versinken einzelner Schichten zu ermöglichen. In beiden Fällen bilden sich Unebenheiten auf der Erde, die uns als Gebirge entgegentreten.

Die Erdbeben werden bewirkt durch Erschütterungen im Innern des Erdbodens und diese finden ihre Erklärung zum grossen Teile in plötzlich ruckweisen[1] Verschiebungen[2] oder einem Brechen und Verstürzen der Schichten. Es erfolgt also hier infolge allzu grosser Spannungen der Vorgang sehr plötzlich, welcher sonst nur sehr langsam und unmerkbar vor sich geht. Man bezeichnet diese Art von Erschütterungen als tektonische[3] Erdbeben; sie zeichnen sich in der Regel durch lange Dauer und weite Verbreitung aus. Andererseits bewirken natürlich auch die andringenden Dampf- und Feuermassen der Vulkane, welche bemüht sind, die auf ihnen lastende Decke zu durchbrechen, unter Umständen gewaltige Erschütterungen, welche als vulkanische Erdbeben zu bezeichnen sind. Sie beschränken sich nur auf die Umgegend der thätigen Vulkane und das Erdbebenzentrum für sie ist der Kanal des Vulkanes, der im Begriffe ist zu explodieren. Kleinere lokale Erdbeben, sog. Einsturzbeben, entstehen zuweilen infolge von Unterhöhlung des Bodens durch Wasser und ein Nachstürzen der darüber liegenden Gesteine. Sie sind jedoch von keiner weiteren

Bedeutung und mögen nur der Vollständigkeit halber Erwähnung finden.

Dem ununterbrochenen Kreislauf auf unserer Erde unterliegt auch die feste Materie der Gesteine. In unermessliche Höhen würden sich unsere Gebirge auftürmen, wenn nicht eine zerstörende und ausgleichende Kraft mit ihnen nahezu gleichen Schritt halten würde; es ist dies die Thätigkeit des Wassers. Das Wasser bildet bei der Sedimentbildung eine schöpferische Kraft, hier bei der Betrachtung der Gebirgsbildung tritt es uns als zerstörende Kraft entgegen, und zwar in seinem chemischen wie mechanischen Wirken.

Kaum hat das Wasser als Regen den Boden berührt, so beginnt auch schon die Zerstörung und das Bestreben, wieder zum Meere zurückzueilen. Der Weg, den es hierbei einschlägt, ist ein doppelter; der eine Teil fliesst auf der Oberfläche weg und führt dabei alle Hindernisse mit sich, welche sich ihm in den Weg stellen, seine Thätigkeit ist also eine mechanische; ein anderer Teil dringt in die Tiefe ein und wirkt dort durch Zersetzung der Gesteine auf chemischem Wege. Wir wollen zunächst diesen Prozess etwas eingehender verfolgen.

Durch die Kohlensäure, welche das Wasser beim Durchsickern[1] der Humusdecke[2] aufnimmt, wird es befähigt, in mehr oder minder energischer Weise auf sämtliche Gesteine zersetzend einzuwirken. Einzelne Gesteine, wie Kalk, Dolomit, Gips und Steinsalz werden direkt aufgelöst und als Lösung fortgeführt; diese Mineralien werden später, wenn das Wasser seiner Kohlensäure verlustig geht, wieder als neue Sedimente abgelagert. Andere Mineralien, wie die Silikate und wasserfreien[3] Mineralien, müssen erst in lösliche wasserhaltige[4] Mineralien umgewandelt werden. So wird der Anhydrit in Gips, die meisten Silikate in Thon umgegewandelt und dann gelöst; ebenso bewirkt der Sauerstoff im Wasser eine Oxydation, die Kohlensäure eine Umwand-

lung in lösliche kohlensaure Verbindungen oder Karbonate. Es würde zu weit führen, auf diese oft sehr komplizierten Prozesse näher einzugehen, und betrachten wir deshalb sofort die Endresultate, welche zweierlei Erscheinungen zeigen. Einerseits werden die Gesteine der Oberfläche zersetzt und in leicht lösliche umgewandelt, was man als *Verwitterung* bezeichnet. Die vielen Sprünge[1] und Risse[2] des Bodens bilden natürlich die Angriffspunkte, und so sehen wir von diesen die Verwitterung ausgehen und um sich greifen.[3] Andererseits werden die einsickernden[4] Wasser von gelösten Mineralsalzen geschwängert und können nun als *Mineralquellen* wieder zu Tage treten und erfolgt dann die Neuablagerung an der Oberfläche, oder aber[5] erfolgt diese in den tiefen Spalten der Gesteine und führt dort zu Bildungen von *Mineralgängen* in der Tiefe. In diesen finden wir die in den Nebengesteinen mikroskopisch fein enthaltenen Erze[6] in grösseren Mengen zusammengetragen, so dass sich ein Bergbau auf dieselben lohnt. Stösst das eingesickerte Wasser in der Tiefe auf leicht lösliche Gesteine, so wäscht es diese aus und es entstehen unterirdische Hohlräume oder *Höhlen*. Häufig werden diese so gross, dass sie wieder in sich selbst zusammenstürzen und so zu den schon erwähnten Einsturzbeben führen.[7]

Bei der vielgestalteten Zusammensetzung der Erdkruste stösst das Wasser in der Tiefe häufig auf Schichten, welche

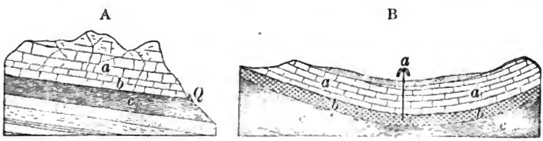


Fig. 6. — Quellbildungen.

A, Quelle durch schiefe Stellung der Schichten hervorgerufen. B, Artesischer Brunnen: *a*, wasserdurchlässige, *b*, wasserführende, *c*, undurchlässige Schichte. *Q*, Quelle.

es weniger leicht durchsickern lassen, als andere, und es sieht sich dann gezwungen, auf dieser Schichte hinzufliessen. Streicht[1] die undurchlässige Schicht[2] an der Oberfläche aus,[1] so dringt auch das Wasser auf einem Spalt heraus und es entsteht eine Quelle.

Wir können auch Quellen erbohren, indem wir den Spalt künstlich schaffen, in welchen dann das Wasser nach dem Prinzip kommunizierender Röhren emporsteigt. Hierauf beruht auch die Erscheinung der artesischen Brunnen[3] (siehe Figur B).

Die mechanische Thätigkeit des Wassers sowohl in seiner flüssigen wie in seiner festen Form als Eis besteht in einem Hinwegräumen aller lockeren Hindernisse, welche sich seinem Laufe in den Weg stellen, und man bezeichnet diese Thätigkeit als Erosion.[4] Auch hier dienen wieder als Angriffspunkte zuerst die zahllosen Sprünge und Risse des Gesteines, welche immer wieder vergrössert und erneut werden, so dass dadurch eine fortwährende Lockerung der Gesteine bewirkt wird. Wir haben gesehen, dass auch ganze Schichtenkomplexe von mächtigen Sprüngen und Verwerfungen[5] durchsetzt[6] sind, und es ist natürlich, dass diese dem Wasser willkommene Angriffspunkte bieten. Die ursprünglichen Spalten werden erweitert und ausgewaschen und in breite Thäler umgewandelt; man bezeichnet sie demnach als Spaltenthäler, wenn sie in der Tektonik[7] des Gebirges vorbedungen[8] sind. Stösst aber ein Bach in seinem Laufe auf eine hindernde Bergkette, welche er nicht umgehen kann, so staut[9] er sich anfangs zum See auf,[9] bis es ihm gelungen ist, sich so tief einzunagen,[10] dass er sich freie Bahn geschaffen hat. Derartige Thäler, welche sich das Wasser ausgenagt[10] hat, ohne sich um ursprüngliche Spalten zu kümmern, nennt man Erosionsthäler.

Von den grossartigen Veränderungen, welche durch die Thätigkeit des Wassers bewirkt werden, können wir uns

kaum eine Vorstellung machen. Alle Bergformen, sowohl die schroffen Gipfel der Kalkgebirge, wie die rundlichen Höhen der Granite, ebenso wie die Schluchten, Thäler und Ebenen, sind durch das Wasser geformt und gebildet. Gebirge, deren Höhe unseren höchsten Gebirgen gleichkam, sind bis zur flachen Hügellandschaft, ja bis zur Ebene abgetragen,[1] und nur die gefalteten und aufgerichteten Schichten zeugen[2] noch von den früheren Störungen, welche dort stattgefunden haben.

III.

Historische Geologie oder Formationslehre.

Während wir uns in den vorangehenden Abschnitten einen Überblick zu verschaffen gesucht haben über das Material, das die Erdkruste zusammensetzt und die Kräfte, welche dabei thätig waren, stellt[3] sich die historische Geologie die *Untersuchung der einzelnen Schichten oder Formationen* und, mit Hilfe der darin enthaltenen Überreste, die *Entwickelung der irdischen Bewohner* als Aufgabe.[3]

Die vielen Glieder der Sedimentärformationen stellen[4] nur eine ununterbrochene Umwandlung und Neuablagerung des ursprünglich schon vorhandenen Materials mit Hilfe des Wassers dar.[4] Um so grösser ist aber der zeitliche Unterschied dieser Ablagerungen, welche, wie heute, auch früher nur sehr langsam vor sich ging. Es ist nicht nötig, ja es ist überhaupt unmöglich, dass überall auf der Erde die Schichten gleichmässig auf einander lagern oder gleichmässig ausgebildet sind, denn die Ablagerung auf der einen Seite ging ja immer mit einer Zerstörung auf der anderen Seite vor sich. Im grossen ganzen[5] finden wir die mächtigsten Schichten durch das Meer abgelagert, während auf dem damaligen Festlande keine oder nur geringe Ablagerungen vor sich gingen, ja im Gegenteil von diesem Lande

ununterbrochen abgewaschen und weggeschwemmt wurde. Es können also in einer gewissen Erdperiode nur dort Schichten sich finden, wo sich Meer befand, während an anderen Punkten, dem damaligen Festlande, keine oder nur wenig gleichalterige Gesteine sich finden. Ebenso können früher abgelagerte, mächtige Schichtenkomplexe in späterer Zeit wieder vollständig oder bis auf wenige Überreste abgewaschen werden und verloren gehen. Dass wir trotzdem fast überall Meeresablagerungen finden, ist auf die schon besprochenen Hebungen und Senkungen der Kontinente zurückzuführen.[1]

Es können aber auch die gleichalterigen Ablagerungen unter sich wieder sehr verschiedenartig ausgebildet sein. In den Meeren lagerten sich an den tiefen Stellen nur Kalk und feiner Schlamm ab, in welchem die Tierwelt der Tiefsee sich findet; die steilen Küsten[2] und Riffe belebten Korallen und auf dem Grund festgewachsene Tiere; in den Strömungen der Meere wurde mehr Sand und Schlamm geführt, während am Strande grober Kies und Gerölle den Untergrund bilden können. Gleichzeitig mit den *marinen* Ablagerungen können aber auch auf dem Festlande sog. *terrestrische* Bildungen vor sich gehen; sumpfige Urwälder[3] werden uns als Kohlenablagerung wieder entgegentreten, die Ströme werfen Schotter[4] auf, in den Binnenseen[5] lagert sich Schlamm mit den Bewohnern des süssen[6] Wassers ab. Kurz, so mannigfach die Bildungen auf der Erde heute noch sind, so mannigfach haben wir sie uns auch in früheren Erdperioden vorzustellen. Man bezeichnet diese[7] sowohl in ihrem Gesteinscharakter wie in den erhaltenen Überresten sich kundgebende Verschiedenheit[7] einer gleichalterigen Formation als *Facies*[8] und spricht demnach von mariner, Tiefsee-, littoraler, terrestrischer etc. Facies.

Durch sorgfältiges Vergleichen der verschiedenen Facies-Ausbildungen und ihrer Übergänge sucht nun der Geologe

sämtliche gleichalterige Ablagerungen zusammenzustellen und bezeichnet sie als eine *Formation*. Die Formation umfasst also eine Reihe von Schichten, welche unter sich sehr verschiedenartig ausgebildet sein können, aber doch ein gleiches Alter besitzen; sie ist damit zugleich ein zeitlicher Begriff und fällt zusammen mit einem gewissen Stadium der Entwickelung der Erde und ihrer Bewohner, einer sog. *geologischen Erdperiode*.

Um nun das *Alter einer* zu untersuchenden[1] *Schichte zu bestimmen*, wird zuerst die Stellung derselben im ganzen Gebirgssystem erforscht. Man untersucht, ob die fragliche Schichte nicht von anderen[2] uns bekannten Schichten[2] überlagert oder unterlagert wird, dann wird der Gesteinscharakter in Betracht gezogen, vor allem aber ist zu untersuchen,[3] welche Versteinerungen uns darin erhalten sind, denn nur nach ihnen lässt sich mit Sicherheit das Alter bestimmen. Demnach fällt auch die Hauptaufgabe der historischen Geologie auf das *Studium der Versteinerungen*, ihres geologischen Auftretens und ihrer Entwickelung, ein Studium, das als selbständige Wissenschaft — *Paläontologie*[4] — die Vermittelung von Geologie und Zoologie bildet.

Wir kennen die Uranfänge[5] des organischen Lebens nicht, denn dieselben fallen in eine Erdperiode, aus welcher uns keine erkennbaren Spuren mehr erhalten sind. In den ältesten Schichten aber, aus denen uns Versteinerungen bekannt sind, treten uns schon verhältnismässig hoch entwickelte Tiere entgegen; verfolgen wir die geologischen Perioden weiter, so sehen wir in grossen Zügen eine stete, langsame Weiterentwickelung der gesamten Pflanzen- und Tierwelt und eine Annäherung der ursprünglich niedrigen Flora[6] und Fauna[7] an die höchst entwickelte der Jetztzeit. Dies gilt[8] aber nur von dem Bild im grossen ganzen, in einzelnen Geschlechtern fällt die höchste Formenentwickelung

in längst vergangene Erdperioden; sie sterben wieder aus oder verkümmern,[1] um einem anderen höher entwickelten Geschlechte Platz zu machen.

Um nun eine klare Übersicht zu bekommen, denkt man sich alle uns bekannten Schichten übereinander gelegt und gliedert[2] sie in grössere Gruppen, welche den Eintritt einer neuen Epoche in der Entwickelung der Pflanzen- und Tierwelt bezeichnen. Diese Gruppen oder *Zeitalter* zerlegt man sodann wieder in *Formationen*, die eine[3] in sich mehr oder minder abgeschlossene Periode[3] der Erdgeschichte darstellen und gleichfalls durch durchgreifende Merkmale der Pflanzen- und Tierwelt charakterisiert sind. Auch die Formationen werden wieder in *Stufen* oder *Glieder* zerlegt, eine Einteilung, welche sich durch das Auftreten bestimmter Arten oder Leitfossile rechtfertigen lässt. Gerade diese Leitfossile, welche in kurzen bestimmten Perioden über grosse Strecken verbreitet vorkommen und sich daher auf eine einzige Schichte beschränken, geben ein Mittel in die Hand, das Alter der einzelnen Stufen sicher zu erkennen und diese selbst noch eingehender[4] in *Horizonte*[5] zu gliedern.

Bei der nun folgenden kurzen Zusammenstellung der Formationen muss ich mich natürlich darauf beschränken, ein möglichst gedrängtes Bild der Formation im ganzen zu geben, ohne dabei auf Einzelheiten oder auf Leitfossile für bestimmte Horizonte eingehen zu können.[6]

Erstes Zeitalter der Erde oder die archäischen[7] Formationen.

So tief auch[8] unsere Blicke eindringen in die Erdkruste durch die gewaltigen Aufbrüche und Aufrisse der Erde selbst, durch Erosionsthäler und tiefe Bergwerke, so können wir doch noch nicht die älteste Formation feststellen, welche gebildet sein muss durch die *ursprüngliche Erstarrungskruste* der Erde. Was wir kennen, sind alles schon durch

das Wasser bewegte und neu abgelagerte Massen. Wir müssen aber annehmen, dass die erste Erstarrungsmasse alle die Substanzen enthalten hat, welche wir später wieder verarbeitet finden, und dürfen ferner annehmen, dass sie sich am nächsten in ihrer Zusammensetzung an die ältesten uns bekannten Gneise[1] anschliessen wird. Es ist nicht wohl anzunehmen, dass uns diese Urformation[2] irgendwo auf der Erdoberfläche zu Gesicht kommt, da alle Punkte der Erde im Laufe der geologischen Zeiten schon zu[3] vielfachen Umwälzungen und Umänderungen unterlegen sind.

Die ältesten Formationen, welche unserer Beobachtung zugänglich sind, weichen[4] von den späteren insofern ganz bedeutend ab,[4] als sie krystallinischer Natur sind, also nicht einfache, sondern gemengte Gesteine darstellen. Man bezeichnet sie daher auch als krystallinische Schiefergesteine.[5]

Das älteste Glied ist die Gneisformation, welche in der enormen Mächtigkeit bis zu 30,000 Meter unter allen bekannten Formationen liegt. Im allgemeinen bewahrt sie einen monotonen Charakter; dünnflaserige,[6] schuppige[7] oder feinschieferige Varietäten wechsellagern[8] mit grobkörnigen oder dichten, scheinbar ungeschichteten Massen. In dem mächtigsten, genau studierten Gneiskomplexe des bayrischen Waldes[9] überwiegt in den unteren Zonen die graue, in den oberen die rötliche Färbung. Nach oben stellen[10] sich häufig hornblendereiche[11] Varietäten ein[10] (Amphibolschiefer), bald mehrt sich der Granat (Eklogit) und tritt an Stelle des Glimmers (Granulit). Schliesslich nimmt[12] der Gehalt an Feldspat ab,[12] wogegen der Glimmer sich mehrt und in allmählichem Übergang kommen wir zur zweiten Gruppe, der Glimmerschiefer-Formation.[13] Auch in dieser wären wiederum eine grosse Reihe von Varietäten zu verzeichnen, je nachdem der eine oder andere Bestandteil vorwiegend wird.

Das jüngste Glied der archäischen Schiefer, die Phyllit-Formation,[1] trägt zwar in den unteren Lagen noch ganz den Charakter der krystallinischen Schiefer und steht dem Glimmerschiefer sehr nahe, in den höheren Horizonten jedoch stellen sich immer mehr thonige[2] Beimengungen ein, so dass diese Gesteine oft kaum mehr nach ihrem Gesteinscharakter von den darauf folgenden jüngeren Thonschichten zu trennen sind. Man bezeichnet daher die Phyllite auch als Urthonschiefer[3] oder Uebergangsgebirge.

Vergebens schauen[4] wir uns in den krystallinischen Schiefern nach den Überresten lebender Wesen um[4]; wohl hat

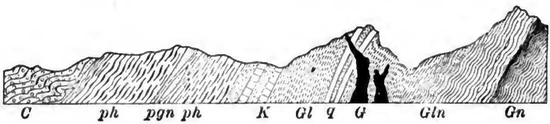


FIG. 7.—Die krystallinischen Schiefer im bayrischen Wald.

Gn Gneis. Syenit[5] lagert im Gneis. *Gln* Übergang zum Glimmerschiefer (Hornblendeschiefer). *Gl* Glimmerschiefer mit Granitgängen (*G*), Quarzitschiefer. *K* Körniger Kalk. *ph* Phyllit, zum Teil als Phyllitgneis (*pgn*) entwickelt. *C* Cambrium.[6]

man in den eigentümlichen Serpentin-[7] und Kalkgemengen aus der Gneisformation die Überreste eines grossen Urschleimtieres[8] zu erkennen geglaubt und es Eozoon[9] genannt, und in den Phylliten Skandinaviens die Andeutungen organischer Reste gefunden, aber dennoch bleibt uns die ganze Fauna dieser Urzeit[10] verborgen. Und doch muss diese Fauna eine überaus reiche und entwickelungsfähige gewesen sein und hatte sich auch bis zum Eintritt der nächsten Periode schon verhältnismässig weit entwickelt. Es ist also vollständig unberechtigt, diese Urzeit als azoisch[11] (ohne lebendes Wesen) zu bezeichnen, sondern sie enthält im Gegenteil den Urkeim alles organischen Lebens.

IV.

Erdbeben.[1]

Wir sind gewöhnt,[2] ausser den konzentrierten Sonnenstrahlen, dem elektrischen Strome und manchem anderen, die Holzsubstanz und deren Produkte, nämlich: Kohle, flüchtige[3] Öle, Gase etc. als die wichtigsten Substanzen zur Erzeugung grosser und intensiver Wärme zu betrachten.

Wir bemessen den Wärmeeffekt nach der Menge[4] in Dampf verwandelten Wassers und wissen die Expansion des Dampfes sowohl[5] zu fürchten, als mehr[6] noch zu schätzen und zwar als eine der eminentesten Kräfte, deren wir uns zu mannigfachen Arbeitsleistungen mit Vorteil bedienen.

Aber es gibt noch eine andere Kraft, die[7] Wärme erzeugt, die gleichsam[8] selbst das Wasser in Feuer verwandelt und es befähigt, alles in feurigen Fluss zu bringen, was[9] wir nur kennen, eine Kraft, die mit der[10] durch sie hervorgerufenen Gegenkraft, der *Dampfexpansion*,[10] von Ewigkeit her gewirkt hat, bis in Ewigkeit hin wirken wird und Wirkungen hervorrufen kann, so schrecklicher, schauerlicher und doch wieder so grossartiger und erhabener Art,[11] dass sie jeder Beschreibung spotten, diese Kraft heisst — *Druck*.

Werfen[12] wir nur einen flüchtigen Blick in die Geschichte der Erde. Milliarden[13] von Jahren hatte die Erde bereits ihren Kreislauf um die Sonne vollzogen, bevor sie befähigt wurde, Pflanzen zu tragen, sie war vorher — wüste und leer! — Jahrtausende brauchte die Pflanzenwelt zur Entwickelung und mehr noch zum zeitweiligen Untergang, bezw.[14] zur Aufspeicherung in Kohlenlagern; unermessliche Zeiträume vergingen, ehe der Mensch auf Erden erschien, Jahrtausende brauchte er zu seiner Heranbildung, um die Kohlenschätze würdigen zu lernen, erst vor einer Spanne Zeit entdeckte er die in der Dampfexpansion schlummernde Kraft, während

jeder Berg und Thal sowie das Verhältnis von Land und Meer uns die Wirkungen des Drucks aus früherer Zeit zeigen und Hebung und Senkung des Bodens, Erdbeben und Vulkane uns noch tagtäglich die Wechselwirkung von Druck und Expansion vor Augen führen. Wie wir es in der Gewalt haben, mit einem[1] durch Dampf bewegten Werkzeug[1]— dem Dampfhammer — in Gemütlichkeit Nüsse zu knacken, andererseits aber Schläge auszuüben, dass weithin die Erde erdröhnt, so können Erdbeben und Vulkane auch oft nur kaum beachtenswerte Erscheinungen bieten oder auch Ereignisse, denen nichts auf Erden verglichen werden kann, Ereignisse, denen die Erdoberfläche selbst grossenteils ihr Gepräge verdankt, Ereignisse, welche die Konfiguration der Erdoberfläche stellenweise wesentlich verändern, Ereignisse, welche den Meeresboden über den Meeresspiegel befördern, umgekehrt Festland unter denselben versenken können, Ereignisse, deren ursprünglicher Sitz im Schosse der Erde sich befindet und von da aus zur Oberfläche wirkt.

Diesen Ereignissen gegenüber[2] ist die Erdkruste nichts weniger als die vermeintliche starre, unbewegliche Erdfeste. Wenn sie nur durch[3] von unten herauf erlittene Stösse[3] zittert, schwankt oder wie eine elastische Decke in fortlaufenden Wellen sich hebt und senkt, haben wir die Erscheinung — der Erdbeben; wenn sie berstet und aus dem[3] in die Tiefe hinabreichenden Kanale[3] Stoffe[4] der verschiedensten Art ausgeschleudert werden, — die vulkanischen Erscheinungen; wenn sie Widerstand genug leistet, dass keines der beiden Ereignisse eintreten kann, aber doch nicht Widerstand genug gegen kontinuierlich wirkende Ursachen, — die allmählichen Hebungen und Senkungen.

Was zunächst die Erdbeben betrifft, so ist, abgesehen[5] von einem leichten Erzittern, die Bodenbewegung entweder — succussorisch,[6] — wobei der Boden plötzlich in die

Höhe springt und Teile desselben, Häuser, Menschen etc. hoch empor geschnellt werden; oder von dem direkt getroffenen Punkte pflanzt[1] sich die Bewegung in Wellen fort[1] — *undulatorisch*,[2] — so dass Mauern in der Richtung der Wellen bersten, in der Querrichtung stehende[3] umgeworfen werden; oder zwei solcher,[4] von verschiedenen Stosspunkten ausgehenden Wellenbewegungen[4] kreuzen sich[5] — *rotatorisch*,[6] — so dass Hausgeräte eines Hauses unter den Trümmern des Nachbarhauses begraben gefunden, Säulen- und Obeliskenstücke gegen einander verdreht wurden. Nach dem furchtbaren Erdbeben von Calabrien im Februar und März 1783 war die Stadt Oppido[7] so durcheinander geschüttelt, dass man den Stadtplan[8] nicht mehr erkannte.

Die Geschwindigkeit, mit der sich eine Bodenerschütterung fortpflanzt, hängt von der Zusammensetzung des Bodens ab (in festem Fels schneller aber weniger gefährlich als in losem Boden) und beträgt im Mittel[9] 3 bis 5 Meilen per Minute. Die Fortpflanzung findet[10] entweder in einer (oder in parallelen) Linien statt[10] — *lineare*[11] Erschütterungen, — dem Laufe grosser Gebirgsketten folgend, so das Erdbeben, welches am 20. November 1822 die Küste von Chili[12] auf mehr als tausend Meilen Länge traf; oder konzentrisch um den Stosspunkt — *zentrale* Erschütterungen. — Unter letzteren wurde das Erdbeben von Neuseeland[13] am 23. Januar 1855 über einen Flächenraum von 92,570 deutschen oder etwa 2,005,683 englischen Q.-M.,[14] das von Lissabon[15] am 1. November 1755 sogar über einen Raum von beinahe 180,000 deutschen oder ungefähr 3,900,000 englischen Q.-M., d. h. etwa ein Zwölftel der Erdoberfläche gespürt.[16]

(In Deutschland rechnete man bis 1872 im allgemeinen nach deutschen oder geographischen Meilen, zum Unterschied von der englischen geographischen Seemeile auch

genauer deutsche geographische Meile genannt, deren 15 auf einen Grad des Äquators gehen und welche in den Angaben des gemeinen Lebens noch sehr gewöhnlich sind. Nach den sorgfältigsten neueren Messungen und Berechnungen wird die Länge derselben zu 7420.44 m[1] oder 7.42044 km[2] angenommen, daher eine deutsche geographische Quadratmeile = 55.0629 qkm.[3] Als Wegemass ist jetzt offiziell in Deutschland wie in Frankreich nur das Kilometer gebräuchlich. Die englische Meile hat 5280 englische Fuss = 1609.3295 m oder 1.6093295 km.)

Wie das Land, so wird oft auch das Meer von der Erderschütterung betroffen und zwar beginnt die Bewegung gewöhnlich mit einem Rückzuge des Meeres, dem bald ein Vorschreiten mit hochgebäumter[4] Welle folgt, welche am 1. November 1755 bei Lissabon 20 m hoch über das Land stürzte und die schrecklichsten Verheerungen anrichtete. Auch Landseen, wie z. B.[5] am Salzunger,[6] Wenern See etc. beobachtet, steigen und fallen plötzlich, Flüsse und Quellen stocken oder fliessen reichlicher. Bei sog.[7] Seebeben fühlt bei ruhig bleibendem Meeresspiegel z. B. ein Schiff einen Stoss von unten, dass die Masten krachen und erst die Küste erhält den Wellenschlag nach entsprechender Zeit.

Mitunter geht[8] dem eigentlichen Erdbeben ein unterirdisches Getöse oder Erzittern voraus,[8] doch kann dies nicht immer als Vorbote gelten; wir sehen im Gegenteile, dass die verheerendsten Erdbeben plötzlich auftraten und nur von kurzer Dauer waren. Das Erdbeben von Lissabon bestand aus drei[9] innerhalb 5 Minuten erfolgenden Stössen,[9] die Stadt war ein Trümmerhaufen, ein Teil derselben versank in das Meer; am 26. März 1812 wurde durch den ersten Stoss in 5 Sekunden Caracas[10] vernichtet. Als Nachwirkung[11] kommt dagegen oft noch monatelanges Erzittern vor, ja jahrelang kam schon eine Gegend nicht

wieder in Ruhe (Cumana[1] 1766 auf 14 Monate, Calabrien[2] 1783–88 sogar auf 5 Jahre).

Die Erdbeben sind eine so allgemeine Erscheinung, dass man deren im Mittel zwei auf jeden Tag rechnen kann, dabei ist die Verteilung eine sehr ungleiche. Auf der nördlichen Erdhälfte liegt die grösste Verbreitung in einem Erdgürtel[3] zwischen 36 und 38° N. Br.,[4] auf der südlichen ist besonders Südamerika durch die erstaunliche Menge und Heftigkeit der Erdbeben erschreckenerregend berühmt. Die Stadt Lima[5] allein ward seit ihrer Gründung 1586, 1687, 1697, 1699, 1716, 1725, 1732, 1734, 1745 von Erdbeben heimgesucht und 1746 fast gänzlich zerstört.

Es giebt eine Menge von Naturerscheinungen, welche mit Erdbeben in direktem Zusammenhange stehen, andere, welche gleichzeitig beobachtet,[6] aber[7] noch genauerer Erforschung über den mutmasslichen[8] Zusammenhang bedürfen. Zu den ersteren gehören die unterirdischen Getöse, die bald enormen Explosionen, bald rollendem Donner, bald rasselnden Ketten u. dgl.[9] verglichen werden, das Ausströmen von Gasen aus Erdspalten unter Verbreitung von Schwefelgeruch, das plötzliche Hervorbrechen von Quellen oft von hoher Temperatur oder gar mit Dampfentwickelung, das Ausschleudern von Gesteinstrümmern; zu den letzteren das Aufblitzen[10] von Feuererscheinungen, die Erscheinung von Nordlichtern, Verbreitung starker Nebel, plötzlich hereinbrechende Gewitter mit heftigen Regengüssen oder grosse Dürre u. dgl.

Ob die Häufigkeit der Erdbeben mit Jahres- und Tageszeiten, mit der Menge der Sonnenflecken, der gegenseitigen Stellung der Erde gegen Sonne und Mond in Zusammenhang steht, bedarf noch weiterer Ermittelungen.

Abgesehen[11] davon, dass Erdbeben zu den zerstörendsten Ereignissen gehören, denen der Mensch rat- und hülflos gegenübersteht, dass im Augenblick Städte in Schutthaufen

verwandelt, Tausende von Menschen getötet werden, sehen wir als bleibende Wirkungen von weittragender[1] geologischer Bedeutung, das Zerreissen der Erde, die Bildung meilenlanger klaffender Spalten, lokale bald abwechselnde, bald dauernd bleibende[2] Hebungen und Senkungen des Bodens, Einstürze von Bergen, Abdämmen[3] von Flüssen und Bildung von Seen, vor allem aber die,[4] wenn auch nur sehr allmählich, dafür aber kontinuierlich erfolgenden kontinentalen Hebungen oder Senkungen.

Um,[5] wenn auch annähernd,[6] den Punkt in der Erde zu ergründen, von wo aus ein Erdbeben seinen Ursprung nahm, ist man erst in der neueren Zeit mit allen[7] zu Gebote stehenden Hülfsmitteln[7] vorgegangen. Mit Hülfe verschieden[8] konstruierter Instrumente — der Seismographen[9] — lässt sich[10] die Richtung der Erschütterung bestimmen,[10] durch Vergleichung der Zeit der zuerst betroffene Punkt an der Erdoberfläche, durch Rechnung endlich der Centralpunkt in der Tiefe, die Intensität und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

So hatte das letzte mitteldeutsche Erdbeben, welches auch unsere Gegend traf und wohl noch in aller Gedächtnis schwebt, vom 6. März 1872 sich über einen Raum von 800 deutschen Q.-M. oder über 17,300 englischen Q.-M. verbreitet, mit dem Oberflächenmittelpunkt[11] (Epicentrum) bei Amt[12] Gehren in Thüringen, mit dem ersten Stoss um[13] 3 U. 56′ 9″ p. M. Berliner Zeit; es hatte eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 6 Meilen p. M.[14] oder 742 m pro Sekunde und das Centrum lag in 2.42 Meilen = beinahe 18,000 Meter Tiefe. Für andere Erdbeben ergeben sich auch andere Zahlen und wir dürfen vermuten, dass für die so weit verbreiteten Erdbeben auch der Herd[15] des Anstosses in sehr grosser Tiefe zu suchen ist, während die Zerstörungen an der Erdoberfläche hiermit in keinem Verhältnisse stehen. Diese sind vielmehr bei Erdbeben oft am bedeutendsten,

die in unmittelbarem Zusammenhange mit vulkanischen Erscheinungen stehen und auf kleinen Flächenraum beschränkt sind, also geradezu geeignet den Glauben zu vernichten, die Vulkane als Sicherheitsventile ansehen zu wollen.

Wir haben in den Erdbeben und ihren Wirkungen eine der Kraftäusserungen kennen gelernt, welche von unten herauf einen fortdauernden Einfluss auf die Gestalt der Erdoberfläche ausübt. Unsere Litteratur weist[1] bereits von Tausenden die detailliertesten Einzelheiten, die schauerlichsten und schreckhaftesten Vernichtungsscenen nach,[1] allein wenn wir die Hauptergebnisse, die geologischen Wirkungen, ins Auge fassen, müssen wir bekennen, dass seit historischer Zeit die Erdbeben nur lokale Erscheinungen und ihre Wirkungen nur winzige sind. Wenn jetzt wirklich einige hundert Quadratmeilen Festland um einige Meter gehoben, andere gesenkt werden, welch winziger Bruchteil ist dieses gegen [2] die Hebungen aus früherer Zeit?

Das Studium von der Zusammensetzung der Erdrinde führt uns dahin, als letzten Ausgangspunkt die Erde als Kugel von steifbreiartiger[3] Masse zu denken. Die Beweglichkeit der Teilchen dieser Masse gestattete, den Rotationsgesetzen folgend, die Gestaltung zu dem bekannten Sphäroid[4] mit $\frac{1}{299}$ Polabplattung. Auf die erste Gesteinsschale lagerte[5] gleichmässig die ungleich weit schwerere Atmosphäre als heutigen Tages das seither in Dampfgestalt vorhandene, an Kohlensäure und einer Menge anderer Substanzen überreiche Wasser ab,[5] doch nicht als ruhiges Meer, sondern als zischendes, brodelndes,[6] gewuchtig[7] zerstörendes Element. Der[8] von Ewigkeit her gegen den Erdmittelpunkt gleich wirkende Druck[8] brachte[9] Zusammenziehungen, Faltungen in der Erdrinde, allmähliche Verstärkungen von innen; die krystallinische Umbildung[10] Aufquellungen, kurz[11] Unebenheiten hervor.[9] Die Ver-

tiefungen[1] füllte das Wasser, die Erhöhungen barsten und das gepresste glutflüssige Innere brach empor, neues[2] Material zur Zerstörung für das Wasser bietend.[2] Was das Wasser einmal abgerungen[3] und mehr oder weniger zermalmt hatte, wurde von demselben wieder in Schichten abgelagert. Der ursprüngliche Meeresboden musste sich immer tiefer[4] senken, denn wir finden Tausende von Metern stark[5] Schichtsysteme von Trümmermaterial[6] aufgespeichert.

Nachdem die Temperatur es zuliess, entstanden Pflanzen auf dem Festlande und im Wasser und nachdem diese üppig wuchernd[7] der Atmosphäre[8] die Kohlensäure bis auf ein Minimum entzogen hatten, erst Thiere. Aber der Meeresgrund blieb nicht Meeresgrund, das Festland nicht Festland, ersterer wurde zu Festland; die abgelagerten Gesteinsschichten hoch aufgebäumt,[9] gefaltet wie Papierlagen, zerborsten und zerrissen mit klaffenden Spalten, Höhlen u. dgl.; letzteres wurde zu Meeresgrund. Dieser Wechsel wiederholte sich vielfach, während immer wieder aufs neue neue Gesteinsmassen durch die Spalten emporgedrangen, die trocken gelegten Schichtmassen vom Wasser zerstört und zu Ablagerungen im Meeresgrunde vereinigt wurden. Jede solcher Änderungen änderte den Gleichgewichtszustand[10] im Meere, veränderte die Meeresströmungen, beeinflusste die Wechselwirkung zwischen Erde und Atmosphäre, die klimatischen Verhältnisse, die Lebensbedingungen der organischen Schöpfung. Die Pflanzen sind[11] uns in den Kohlenlagern, die Reste von Thieren, teils selbst, teils in Gesteinsabdrücken in den Gesteinschichten erhalten[11] und wir können aus ihnen, wie aus den Blättern eines Buches, die Geschichte der Erde, die successive fortschreitende höhere Organisation der Geschöpfe herauslesen.

Derartige Wechsel, anfangs über die ganze Erde verbreitet, wurden mehr und mehr lokal; die klimatischen

Verhältnisse änderten sich dabei so unmerklich, dass zur Zeit unserer, relativ[1] sehr jungen Braunkohlenbildung[2] noch tropisches Klima in unseren Gegenden herrschte, wie z. B. die Pflanzen und die massenhaft[3] eingelagerten[4] Insekten mit unvollkommener Verwandlung bei Sieblos[5] in der heutigen, so rauhen Rhön[6] und an anderen Orten beweisen.

Wie die Erde heute aussieht, so finden wir Gesteine, die einstmals Tausende von Quadratmeilen Meeresgrund bildeten, jetzt viele Tausend Meter über der Meeresfläche zu Gebirgen aufgebaut, und wenn wir von den Spitzen der höchsten Berge bis zum tiefsten Grunde des Meeres rechnen,[7] Differenzen von mehr als 40 Meilen. Diese enorme Ungleichheit ist vorwiegend die Wirkung des Drucks; allein wir haben durchaus keinen Grund anzunehmen, dass diese Kraft ehedem, wenn man sagen darf,[8] im Jugendzustand der Erde, energischer gewirkt habe; die Länge der Zeit, das kontinuierliche Andauern einer Einwirkung brachte diese enormen Resultate zu Stande. Ob die eigentlichen Erdbebenphänomene ehedem ebenso lokaler Natur waren, wie in historischer Zeit, bleibt[9] dahin gestellt; um so sicherer wissen wir, dass Hebungen und Senkungen über die ganze Erde von jeher verbreitet waren und noch verbreitet sind. So sicher[10] wie wir[11] aus der Artengleichheit[12] und dem gleichen Artenreichtum von Pflanzen und Tieren, die nur ein zusammenhängendes Festland bevölkern können, schliessen,[11] dass jetzt abgetrennte Inseln ehedem mit dem nahen Festlande verbunden waren, so sicher[13] langsam vorschreitende Hebungen oder Senkungen vorliegen, so[14] dürfen wir auch schliessen, dass der Erdoberfläche[15] in unmessbaren Zeiträumen noch manche Umgestaltung bevorsteht.

V.

Die Vulkane.

Ähnliche Kraftäusserungen aus der Tiefe gegen die Erdoberfläche erblicken wir nun auch in einer anderen Erscheinung, welche an Grossartigkeit ihrer Wirkungen den Erdbeben nicht nachsteht, an Glanz und Pracht dieselben aber weit überbietet. Diese Erscheinungen sind — die Vulkane.

In den verschiedensten Teilen der Erdoberfläche, auf dem Grunde des Meeres, auf Inseln in der Nähe der

FIG. 8.

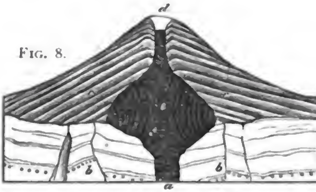


FIG. 9

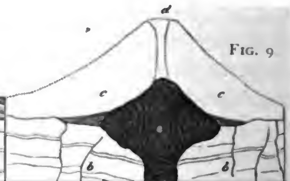


FIG. 10.

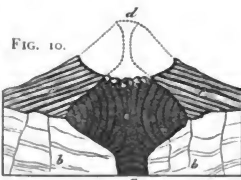


FIG. 11.

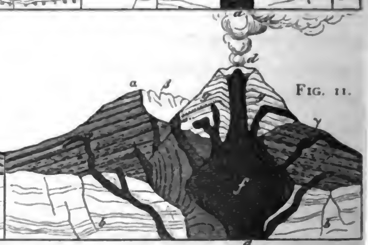


FIG. 8.—Erloschener einfacher Vulkan. *a*, Eruptionskanal im Grundgebirge *b*; *c*, Aufschüttungskegel aus Asche, Lapilli, Schlacken etc.; *d*, Krater; *e*, erstarrte Lava.

FIG. 9.—Domvulkan (durch punktierte Linien ist die ehemalige, jetzt entführte lose Aufschüttungsmasse angedeutet).

FIG. 10.—Einsturzkrater. Der Vesuv vor dem Jahr 79. (Somma- und zum Teil, Ringwallbildung.)

FIG. 11.—Thätiger Vulkan. Der Vesuv in seiner jetzigen Gestalt. *c*, *e*, Reste von früher; *g*, jetziger Eruptionskegel mit dem Lavenkern *f*; *a*, Somma; *β* Atrio del Cavallo; *γ*, le Piane.

Küsten, selbst im ewigen Eise das den Südpol umgiebt, ausnahmsweise auch weit im Innern der Kontinente (Po-schan[1] im Thianschangebirge Centralasiens) giebt es offene Verbindungswege zwischen dem Erdschosse[2] und der Oberfläche, durch welche von Zeit zu Zeit glühende und geschmolzene Gesteinsmassen, Schlacken[3] und zu Staub zermalmte Glasmassen[4] — Asche —, Dampf, Gase, kochendes Wasser oder Schlammströme hervorbrechen. Da es meistens Berge sind, an deren Gipfeln oder an deren Seitenwänden sich die Kanäle — die Krater — befinden, in deren Inneres die phantasiereichen Griechen die unterirdische Werkstatt ihres Schmiedegottes verlegten, — so hat man sie Vulkane genannt.

Die meisten Vulkane zeichnen[5] sich vor allen übrigen Bergen durch ihre regelmässig kegelförmige[6] oder domartige[7] Gestalt aus,[5] an deren Spitze ursprünglich stets sich der Krater befindet. Diese Form ist ein Resultat der vulkanischen Thätigkeit selbst, weshalb wir dieser vorerst in ihrem normalen Verlaufe folgen wollen.

Ein eigentümliches unterirdisches Getöse, erdbebenartiges, oft wochen- und monatelang andauerndes Erzittern des Bodens verkünden die Katastrophe. Das Getöse kommt unzweifelhaft aus beträchtlicher Tiefe, da es in weitem Umkreise ganz so gehört wird, als[8] fände es in grösster Nähe statt. Anfangs dem Brausen eines fernen Wasserfalls gleichend, dem man näher und näher rückt, scheint es in heftiges Musketen- und Artilleriefeuer überzugehen, abwechselnd mit lange nachhallenden Donnerschlägen oder einem dumpfen Rollen gleich dem Gerassel schwer beladener Wagen oder dem hellen[9] sinnverwirrenden[10] Klirren, wie wenn grosse Massen von Glas zerschlagen würden. Da! plötzlich ein Ruck, die Erde berstet und mit Blitzesschnelle schiesst ein Dampfstrahl zu unglaublicher Höhe empor. Der Dampf bringt[11] fort[12] und fort zu Staub

zersprengtes, vorher glasig glühend gewesenes Gesteinsmaterial — sogenannte Asche, Glastropfen,[1] Rapilli[2] — mit, schiesst[3] raketenartig glühende Steine, grössere teigartige[4] Glasfetzen,[5] die sich in der Luft ballen — Bomben[6] — oder noch weich niederfallen und sich abplatten, hervor.[3] Dieses Material fällt teils in den Schlund zurück, teils häuft es sich in dessen Nähe an und baut[7] in Schichten mit abfallender Neigung den Kegel auf.[7] (Fig. 8.) Je mehr[8] der Berg wächst, um so höher[8] steigt[9] in dessen Krater der hellglänzende Gesteinsschmelzfluss[10] — die Lava — durch die Kraft der elastischen Dämpfe gehoben wie ein wild wogendes Meer auf[9] und ab.[9] Erreicht diese den Kraterrand, so überflutet sie denselben und ergiesst sich zuweilen pfeilschnell, meistens aber nur langsam als majestätischer Feuerstrom über den Abhang, immer an Breite wachsend, zufällige[11] Abstürze in feurigen Cascaden überspringend,[11] an flacheren Abhängen aufgestaut, rasch erkaltend, in Schollen[12] zerberstend, die oft zu[13] Türmen aufeinander geschoben[14] nur langsam sich weiter wälzen, während der frische Nachwuchs[15] die noch glutflüssige Unterlage zu ununterbrochenem Weiterbewegen antreibt.

Sehr oft ereignet es sich aber, dass die Dämpfe die[16] mit ungeheurem Gewichte ihnen entgegenwirkende Lava[16] nicht über den Kraterrand zu heben vermögen, wogegen[17] die Lava sich teils im Grundgebirge,[18] teils im Aufschüttungskegel durch Einschmelzen zwiebelartig[19] ausgebreitet hat und durch ihren Druck die Umhüllung sprengt; dann entstürzt den entstandenen Spalten der zischende und dampfende Lavastrom, mitunter, wenn die Öffnung klein und weit unter dem Spiegel[20] der Lavasäule, einem feurigen Springquell gleich.

Mag[21] der Vulkan Lava ergossen haben oder nicht,[21] die Lava kann bis hoch in den Krater gehoben[22] erstarren, erkalten, die Dämpfe hören auf, der Vulkan ist vorerst

erloschen. In vielen Fällen aber sinkt noch lange vor dem völligen Erstarren die Lava zurück, der Aschenkegel stürzt[1] zum Teil nach[1] und der dadurch erweiterte[2] Krater zeigt das Bild eines bald flacheren, bald tiefern Kesselthals[3] — Einsturzkrater.[4] (Fig. 10.) Die Lavakruste im Grunde des Kraters heisst Kraterboden, auf dem sich nicht selten Wasser zu einem oder mehreren Seen sammelt. Dieses Bild zeigte der unter allen bekannteste Vulkan, der Vesuv, bis zum Jahre 79 n. Chr.[5] Niemand vorher erzählt von einer vulkanischen Thätigkeit,[6] mehrfach diente der Kraterboden als Heerlagerstätte.[7] Doch der Vulkan hatte nur geruht. Mit einem Male erschütterten Erdbeben die Gegend, so häufig aber auch so schwach, dass man sich bald daran gewöhnte; sie hörten sogar ganz auf, da plötzlich im Jahre 63 zerstörte ein furchtbares Erdbeben die blühende Stadt Pompeji in wenigen Augenblicken.[8] Nach dieser heftigen Katastrophe schien die Kraft erschöpft zu sein, Pompeji war aus den Trümmern wieder herrlich erstanden, da begannen um die Mitte des Jahres 79 schwache Erdbeben, bald zu-, bald abnehmend, bis am 24. August unter unaufhörlichem betäubenden Getöse, markerschütternden[9] unterirdischen Detonationen, heftigen Erdstössen und Bodenrüttelungen[10] der Kraterboden gesprengt wurde. Eine ungeheure an 500 m dicke schwarze Rauchsäule schoss über 2000 m hoch empor, breitete sich oben zur ungeheuren Piniengestalt[11] aus und verfinsterte die ganze Umgegend; eine ungeheure Aschenmasse fiel nieder, die Städte Herculanum,[12] Pompeji und Stabiae[13] waren 4 m bis über die höchsten Häuser zugeschüttet, Blitz auf Blitz durchzuckte grellleuchtend das rabenschwarze Dunkel, prasselnd folgte Schlag auf Schlag der Donner, wolkenbruchartig[14] stürzte der Regen nieder, der die Asche in einen verheerenden Schlammstrom verwandelte und Herculanum wie mit Gips ausgoss, das noch von einem späteren Lavastrom überflutet

wurde. Als der Vesuv wieder sichtbar wurde, hatte er eine andere Gestalt! (Fig. 11.) Der nördliche Teil des vorhistorischen Kraterrandes stand noch als wildzackige[1] bogenförmige[2] Felsmauer — die Somma,[3] — der südliche war fortgesprengt und an seiner Stelle erhob sich, die Somma weit überragend, der neue regelmässige Schuttkegel[4] mit dem Krater, beide durch ein Ringthal[5] — das Atrio del Cavallo — getrennt,[6] während nach Süd eine ebene Terrasse, le Piane,[7] den neuen Eruptionskegel mit dem alten Bergabhang gegen das Meer hin[8] verbindet.

Von dieser Zeit ab blieb der Vulcan zwar Jahrhunderte lang in Ruhe, ja so, dass man ihn als erloschen betrachtete; im XVI. Jahrhundert war er sogar mit üppigem Walde bedeckt und nur einige warme Wasserseen im Atrio erinnerten an seinen Charakter. Doch je länger die Ruhe, um so furchtbarer die Wirkung erneuter Thätigkeit; das zeigt die Eruption vom 16. Dec. 1631 nach 500jähriger Ruhe, wo alle Erscheinungen in der grossartigsten Weise auftraten, die ausgeschossenen glühenden, meterdicken Bomben die umliegenden Orte[9] in Brand steckten,[10] Aschenfälle die Häuser erdrückten, Lavaströme sich aus dem Krater und aus Seitenspalten[11] wälzten, die[12] jedes Hindernis überwindend in mehrere, jeder noch über Kilometer breite Arme geteilt, in weniger als einer Stunde das ungestüm tobende Meer erreichten,[12] sich noch an 200 m über den Meeresgrund schoben und die schönen Uferstädte Torre del Annunziato,[13] Torre del Greco, Resina und Portici verwüsteten. Was der Wut des Vulkans entgangen war, zerstörten die Schlag[14] auf Schlag zur Erde niederfahrenden Kugelblitze,[14] die neben Zickzackblitzen[15] bei vulkanischen Gewittern ungleich häufiger sind als die[16] die atmosphärischen Gewitter charakterisierenden Flammenblitze.[16]

Unter den neueren Eruptionen sind die vom Mai 1855, wo aus 7 Eruptionskegeln — Bocchen[17] — 27 Tage lang

Lava floss, und vom 16. April bis 3. Mai 1872 die bedeutendsten.[1]

Verschwindend[2] klein und niedrig sah[3] am 26. April der dröhnende[4] 1297 m direct vom Meere aufsteigende Berg unter seiner enormen an 5000 m hohen Rauchwolke aus.[3] Sie gestaltete sich zur wunderbar schönen Doppelpinie:[5] die weissen Dämpfe, die[6] den Laven, besonders an ihren vorschreitenden[7] Rändern, wo sie die Vegetation versengten,[8] entstiegen,[6] breiteten sich hoch über dem Vesuvgipfel in eine weisse Schichtwolke[9] aus. In der Mitte wurde diese von dem dunkeln, senkrecht steigenden Rauch und Dampfstrom der Gipfelkrater[10] durchbrochen, welcher[11] sich erst viel höher, besonders gegen Süden, in schöner Ballenwolke[12] ausbreitete. Die Sonne sank, der Schatten stieg höher an der Dampfsäule[13] empor. Hoch oben strahlte[14] des Berges Wolkenkrone ruhig im vollsten Alpenglühn[15] — erst rotgelb vor[16] dem purpurblauen Himmel, dann in immer tieferem Rot. In Purpurfarbe verglommen[17] die letzten Sonnenstrahlen am Gipfel der immer langsam bewegten, quellenden[18] Dampfsäule. Drunten[19] aber, wie das hellere Sonnenlicht wich, glänzte im kaltbläulichen[20] Schatten um so mehr die Glut, die dem Erdinnern entstammte. Zuerst war sie an den vorschreitenden Rändern der Lava sichtbar geworden, und über dem Gipfelkrater zeigten die Dämpfe von[21] der inneren Glut ausgehende helle, strahlenförmige Beleuchtung,[21] die sich mehr und mehr zur starken geraden Feuersäule entwickelte. Man sah, wie die Lava, alles versengend,[22] vorschritt, die Bäume in Flammen aufschlugen,[23] die Gebäude ausbrannten, man fand nicht festen Fuss vor dem unaufhörlichen Zittern des Bodens, abwechselnd mit einzelnen heftigen Stössen und Schlägen, sekundiert von dem betäubenden Donnergebrüll des Berges, während die Lavaströme in heller Rotglut vom Gipfel bis an den Fuss glänzten. Doch! die Feder ist zu schwach, die Worte sind

zu matt um nur einigermassen ein Bild[1] dieses erhaben majestätischen, entsetzlich schauerlichen, grässlich zerstörenden Schauspiels[1] zu entwerfen und wer wollte es gar wagen das gewaltige Bild der Phantasie[2] vorzuzaubern, das den Seefahrer ergreift, der Monate lang auf der grossen Wasserwüste des stillen Oceans umhergetrieben wurde,[3] des Nachts der Insel Luzon,[4] der schönsten einer,[5] die keiner anderen an Reichtum und Pracht nachsteht, sich nähert und plötzlich der stets thätige Vulkan Ambil,[6] der,[7] ein Leuchtturm in riesigsten Dimensionen, in der Bai von Manila[8] sich erhebt, ihm den Eingang zur Bucht, die Stadt, die sich amphitheatralisch im Hintergrunde ausbreitet, und die ganze Pracht dieser Inselwelt beleuchtet?

Es sind nur wenig Vulkane bekannt, die sich in fortwährender Thätigkeit befinden, dahin gehört der nur 900 m hohe, aber mit 650 m weitem Krater versehene Stromboli[9] auf einer kleinen Insel zwischen Ätna und Vesuv, der 6500 m hohe Cotopaxi[10] in Ecuador etc. Viele haben eine lange Zeit der Ruhe, oft völliger jahrelanger Ruhe, ja sogar Jahrzehnte und Jahrhunderte. Der Epomeo[11] auf Ischia hatte 200 Jahre geruht, als die letzte Eruption im Jahre 1302 stattfand. Bei vielen besteht zwischen Ruhe und Eruption ein Zwischenzustand — der S o l f a t a r e n z u s t a n d[12] — bei welchem fortwährend aus Spalten und Rissen ebensolche[13] wie die, die Eruption begleitenden heisse Dämpfe ausgestossen werden, die[14] teils mitgebrachte Substanzen als Sublimationen ablagern, teils das durchquellende Gestein metamorphosieren;[15] dahin gehören die berühmte Solfatara bei Puzzuoli[16] in den phlegräischen Feldern, die[17] der Insel Vulcano,[18] ganze Distrikte in Java,[19] auf Neuseeland und viele andere.

Die Dimensionen der Krater sind oft ganz enorme, so hat der[20] vom nur 2656 m hohen Gunong Tengger auf Java eine Weite von 7420 m; der höchste Gipfelkrater des 4145 m

hohen Mauna Loa[1] auf Hawaii ist 4200 m und der Kilauea auf derselben Insel 4500 m weit. Dieser Krater fällt[2] in zwei senkrechten Terrassen ab[2] gegen einen Lavasee, welcher in turmhohen feurigen Wellen aufschlägt und ununterbrochen mächtig qualmt[3]; von dem ein Gebrülle, ein Zischen, Klirren und Knallen ausgeht, das eine erschreckende Höhe erreicht, das schon in Entfernungen gehört wurde, die der[4] vom Ätna bis Hamburg gleich kommen, gegen welches das Getöse aller Dampfmaschinen der Welt, wenn sie vereinigt konzertierten nur ein Gelispel sein würde.

So wenig die Weite der Krater im Verhältnis zur Berghöhe steht, so gilt[5] dieses noch viel weniger von der Kratertiefe im Zustande der Ruhe. Oft verwischt sich der Krater so gänzlich, dass der Berg das Aussehen eines Vulkans verliert, wie dieses vom glockenförmigen[6] 5275 m hohen grossen Ararat[7] gilt, während man andererseits an dem prächtig kegelförmigen, schneebedeckten 5925 m hohen Popocatepetl[8] in Mexiko im 1625 m weiten Kraterschlund erst in 2900 m Tiefe den Boden mit den zahllosen[9] erstickende Schwefeldämpfe ausstossenden Spalten[9] erblickt.

Die Zahl der Vulkane, welche bis jetzt entdeckt[10] und in historischer Zeit sich thätig zeigten, beträgt nahe 700. Diese Zahl müsste mehrmals vervielfacht werden, wenn man[11] alle die Kegel, welche oft nur e i n e Eruption gehabt,[12] mitunter aber recht ansehnliche Berge bilden, wie die 260 m relativ hohen Monti[13] Rossi zwischen Catania und dem Hauptkegel des Ätna, die einen grossen Vulkan umlagern, mitzählen wollte,[11] da allein der Ätna[14] von mehr als 100,[15] der Jorullo[16] in Mexiko auf seinem Fusse, einem grossen Lava- und Aschenwulst,[17] und der Gunong Gelungung auf Java von mehr als 1000 solcher zum Teil an 40 m hohen Kegel umgeben werden. Sie würde noch viel grösser sein, könnte man die untermeerischen[18] Ausbrüche zählen, die

nur selten zur Beobachtung gelangen und in anderer Art durch Emporheben einer ungeheuren Wasserfontaine ein prächtiges Schauspiel bieten. Gewöhnlich bedecken bei solchem Ausbruch die aufgeblähten[1] Laven als leichte Bimssteine[2] weithin das Meer. Die ausgespienen[3] Massen glühender Asche und Lava fallen als unheimlicher Schauerregen prasselnd hernieder und bauen allmählig einen Aschenkegel im unruhigen Meere auf. Inmitten dieses Kegels tobt dann die vulkanische Kraft; siedende Wasserstrahlen, von Blitzen durchzuckt, springen fontainenartig gen Himmel. So entstand i. J. 1811 bei der Azoreninsel St. Michel die Insel Sabrina,[4] im Juli 1831 nahe der Südwestküste Siciliens die Insel Ferdinandea.[5] Doch, wie hier, so wohl[6] in den meisten Fällen, wenn überhaupt[7] jemals die Aufschüttung den Meeresspiegel erreichte, zerstört das Meer den lockeren Aufbau wieder, dessen kompakter Lavakern im günstigsten Falle vielleicht bei späteren Ereignissen wie ein Pfropf[8] emporgeschoben wird. So tauchten[9] im submarinen Krater der Santorininselgruppe die Kaimeniinseln,[10] bedeckt mit fest gewachsenen Austern und anderen Schaltieren auf[9] und die erneute vulkanische Thätigkeit fand nur durch Klüfte und Spalten des gesprengten Gesteins statt. Solche Lavakerne,[11] deren Aschenkegel längs zerstört,[12] die[13] selbst aus dem durchbrochenen Grundgebirge herausgespült[14] als steile Felsmassen sich präsentieren, die sogar als sehr zähflüssige[15] Masse in,[16] dem Erstarren nahen, unförmlichen Schollenhaufen[16] bei spärlicher Gasentwickelung direkt aufgebaut wurden, führen[11] den Namen D o m v u l k a n e (Fig. 9) und wenn für den letzteren Fall die Lava noch fliessen konnte, L a v a d e c k e n.

Übersieht man die Verteilung der Vulkane, so lassen sich die meisten ohne Zwang[17] als in gerad-[18] oder krummlinige[19] Reihen gestellt ansehen, was unzweideutig dafür spricht,[20] dass sie Erhebungen auf Spalten,[21] teils auf dem

Kamm[1] der Gebirge, teils demselben[2] oder bei[3] Inseln der Küstencontour[4] des nahen Festlandes conform sind. Südamerika hat nicht nur die schönsten Vulkanreihen, sondern zählt auch unter seinen vielen Vulkanen einen der höchsten auf Erden, nämlich den 7286 m hohen Aconcagua[5] in der Chilenischen Reihe, sowie den vollkommensten Kegel im 6500 m hohen Cotopaxi in Ecuador.[6]

Diese höchsten Vulkane der Erde sind selbst unter dem Äquator mit ewigem Schnee bedeckt, ihre Eruptionen finden fast nur aus tieferen Spalten statt, aber unheilverkündend wird der Vulkan, wenn sein Haupt sich schwärzt, wenn die Schneedecke in wenig Stunden schmilzt und eine aus Schneewasser und vulkanischer Asche gebildete Schlammlawine die fruchtbaren Gefilde des Fusses überflutet. Von isländischen Vulkanen[7] sind solche Schlammströme bekannt (wie vom Kotlugja 1755), die[8] Eisschollen mit hausdicken Felsblöcken beladen fortwälzten[8] und 20 Quadratmeilen überflutheten.

Eine Wassereruption kann sogar vom Vulkan selbst ausgehen, wenn entweder nach langer Ruhe der Krater sich mit Wasser gefüllt hat oder in Höhlen grosse Wasseransammlungen angehäuft sind, die ausgestossen,[9] als[10] siedend heisse Schlammströme furchtbar verheerend wirken, da sie mit unglaublicher Schnelle herabbrausen und jedes Hindernis bewältigen. Die meisten Vulkane Java's und viele amerikanische wirken auf diese Weise und bringen zahllose tote Fische mit, welche die ganze Gegend verpesten. Eine solche Wassereruption hatte auch der grosse Ararat[11] am 20. Juni 1840. Die[12] in gewaltigen unterirdischen Höhlen aufgespeicherten, hauptsächlich von den Schneemassen des Berges gespeisten Wasser[12] hatten einen Weg zum Vulkanheerd gefunden und wurden von den entwickelten Dämpfen aus Sprengspalten nebst 500 Ctr.[13] schweren, weithin sausenden Felsblöcken unter furchtbarem Getöse und Erdbeben ausgeworfen.

Die Schlammströme, welche von den wolkenbruchartigen Regen erzeugt werden, bewirken am Vulkankegel oft eine sehr interessante Formbildung, indem sie durch Auswaschung Furchen[1] hinterlassen, die in der regelmässigsten Weise direkt vom Gipfel zum Fusse verlaufen und hier an Breite und Tiefe immer zunehmen, so dass sie zu wahrhaft schauerlichen Schluchten[2] werden.

Besonders ausgezeichnet sind auch hierfür wieder die hohen Vulkane Java's, unter denen der 3360 m hohe Gunong Sumbing einem halbgeöffneten Regenschirm gleicht.

Diese Furchen sind besonders lehrreich für das Studium des Kegelaufbau's, weit mehr noch aber sind dieses die Explosions- und Einsturzthäler wie z. B. das grossartige Val del Bove[3] mit 1000 m hohen Felswänden am Aetna, wo Hunderte von Schichten[4] teils geflossenen, teils aufgeschütteten gröberen und feineren Materials wechseln, nach allen Richtungen durchsetzt von einer ungeheuren Menge[5] mauerartig hervorragender, weil compacterer, Gesteinsgänge, die[6] Lavaausfüllungen von meist radialdiagonalen Sprengspalten repräsentieren.

Auch am Vesuv wurde am 26. April 1872 früh Morgens in der Richtung nach NNW[7] ein bedeutendes Stück herausgesprengt, dessen Fetzen[8] zu 50–100 m hohen Felshaufen aufgebaut im Atrio liegen. Der Krater erscheint jetzt zweigipflig und die Spalte zeigt den bereits geschilderten Mantelbau[9] in schönster Weise.

Elementar-Geometrie.

Einleitung.

I.

Mutmasslicher[1] Ursprung der Geometrie.

Von der ursprünglichen Geschichte aller menschlichen Kenntnisse in den ersten Zeiten des menschlichen Geschlechts ist so wenig auf uns gekommen, dass fast alles, was man über einzelne gerettete Bruchstücke berichtet, sich in reine Mutmassungen von zweifelhaftestem Werte verliert. Sogar die erste Spur der allgemeinen Geschichte des[2] nach langen Zeiträumen schon auf eine gewisse Kultur gehobenen Menschengeschlechts[2] hat sich in tiefes, nie zu lichtendes[3] Dunkel gehüllt.

Erst lange nachher, als die ägyptische Finsternis riss (wovon in den meisten Schulen noch ein Stück zu sehen ist[4]), bricht eine Art Dämmerung in der Geschichte an, und hiernach soll[5] diejenige mathematische Wissenschaft, welche den Namen 'Geometrie' als Titel führt, zuerst durch die alljährlichen Überschwemmungen[6] des Nils veranlasst[7] sein.

Wenn der Nil, so wird erzählt, aus seinen Ufern trat, so pflegte[8] er nicht selten die Grenzen und Befriedigungen[9] der ägyptischen Ländereien zu zerstören und unkenntlich[10] zu machen, sondern auch nach und nach hier ein Stück Land abzureissen und dort wieder anzusetzen. Es musste[11] also oftmals von neuem wieder geteilt und jedem das seinige

zugewiesen werden, um nach Recht und Billigkeit die Steuern[1] regulieren zu können.

Diese Teilungen und Grenzenbestimmungen mögen nun aber anfangs aufs Geratewohl durch blosse Schätzung nach dem Augenmasse bewirkt[2] und deshalb manche Streitigkeiten entstanden, und dadurch denkende Köpfe veranlasst worden sein, auf untrüglichere, nicht von dem Augenmasse abhängende Mittel zu sinnen.

Auf[3] solche und ähnliche Veranlassungen sind nun wahrscheinlich einige für die Landmesskunst wichtige Sätze erfunden[4] (z. B. gleichlaufende[5] gerade Linien abzustecken und auszumessen, Nivellieren[6] etc.), deren Richtigkeit[7] — weil sie sich nicht blos auf Erfahrung, sondern auf reine Vernunft gründeten — jeder Vernünftige anerkennen musste und nach welchen[8] die fraglichen Grössen und Grenzenbestimmungen sicher geleitet, etwa begangene[9] Irrtümer und absichtliche Betrügereien leicht entdeckt und berichtigt werden konnten.

Ausserdem bezeugen die vielen grossen Pyramiden, Gnomonen,[10] unterirdischen Gänge, Grabmäler, Palläste, Schiffsgräben und Kanäle,* dass die Ägypter sich viel mit der Baukunst, Fortifikation, Astronomie und Schifffahrt beschäftigt haben, wozu einige Kenntnis der Geometrie nicht allein sehr nützlich, sondern sogar unentbehrlich war.

Kurzum,[11] vielfältige praktische Bedürfnisse müssen schon früh, bei allen civilisierten Völkern, die Kultur und Pflege

* "Um die Kosten der Kanalbauten zu decken, wurde von Sesostris[12] das der Kriegerkaste zugewiesene Dritteil des Landes einer Grundsteuer unterworfen. Die Ausdehnung der Überschwemmung bestimmte dort jährlich, welche Ländereien steuerbar[13] sein würden, und da feste Grenzen unter diesen Umständen nutzlos gewesen wären, so musste alljährlich mittelst vorgenommener Vermessung jedem Grundbesitzer ein gleiches Stück des vom Nil befruchteten Landes zugeteilt werden. Beides, die Landesvermessung,[14] wie die Steuererhebung,[15] war ein Geschäft der Priesterkaste."

dieser vielleicht uralten Wissenschaft (Geometrie) veranlasst haben. Denkende Köpfe, bei den Ägyptern wohl besonders die Priester, bei den Griechen, Persern, Arabern, Chinesen etc. die Philosophen, unter denen auch Fürsten, strengten sich an,[1] noch immer mehr neue geometrische Sätze zu entdecken. Hie und da unternahm es dann einer (später z. B. der Grieche Euklides[2] 300 v. Chr. durch seine Reisen in Ägypten etc.), diese anfangs sehr zerstreuten geometrischen Lehren zu sammeln und sie,[3] nicht allein wegen ihres praktischen Nutzens, sondern auch als äusserst merkwürdige Produkte des menschlichen Scharfsinns, zu ordnen, zu vervollkommnen, zum vorkommenden[4] Gebrauche und zur Bildung des Geistes für die Nachwelt[5] aufzubewahren, und weil doch die Erd- oder Feldmesskunst[6] die mutmassliche Veranlassung zur Entdeckung dieser Sätze gewesen war, so gab oder liess[7] man der ganzen Sammlung derselben den Titel Geometrie (Erdmessung).

Seitdem ist aber diese Wissenschaft so sehr erweitert[8] und vervollkommnet,[8] dass für die richtige Bezeichnung derselben der ursprüngliche Name 'Geometrie,' in der wörtlichen Bedeutung 'Erdmessung,' gar nicht mehr passt,[9] oder vielmehr nie gepasst hat. Die Erd- oder Feldmesskunst ist allerdings eine Anwendung der Geometrie, aber auch auf andere ganz verschiedene Wissenschaften wird sie angewandt, z. B. auf Astronomie, Schifffahrtskunst,[10] Optik, Mechanik, Wasserbaukunst,[11] Fortifikation etc., und so unpassend es also sein würde, das Wort 'Geometrie' durch Himmelsmesskunst, Mechanik etc. zu übersetzen, eben so unpassend würde es sein, dies Wort jetzt noch in der anfänglichen Bedeutung 'Erdmesskunst' zu nehmen.

Um[12] nun aber einen vorläufigen Begriff von dieser Wissenschaft geben und andeuten zu können, worauf man beim Studium derselben seine Aufmerksamkeit zu richten[13] und was man von ihr zu erwarten hat, ist es durchaus

notwendig, erst ihren eigentlichen Gegenstand, Zweck und Wesen hervorzuheben und kennen zu lernen, so wie auch einige notwendige Vorbegriffe vorauszuschicken.

II.

Gegenstand der Geometrie.

Räumliche Grössen: Körper, Flächen und Linien.

Körper.[1] — Jeder Mensch hat die Vorstellung von dem[2] nach allen Richtungen bis ins Unendliche ausgedehnten Raume.[2] Von diesem unbegrenzten Raume denke[3] man sich beliebig[4] grosse, von allen Seiten begrenzte Stücke,[4] z. B. den Raum, welcher von den Wänden, Decke und Boden eines Zimmers eingeschlossen (begrenzt) ist, so hat man sich das gedacht,[3] was man Körper oder auch wohl geometrische Körper nennt, um sie durch dieses Beiwort 'geometrisch' von den materiellen oder physischen Körpern zu unterscheiden,[5] welche ausser ihrer Ausdehnung und Form noch andere Merkmale haben, wie z. B. Materialität — Gewicht, Farbe etc. Der geometrische Körper ist also nichts Materielles, sondern nur ein begrenzter leerer Raum.[6] Spricht man von der Grösse[7] und Form eines physischen Körpers, so abstrahiert[8] man von dem Stoffe (Holz, Eisen etc.), aus welchem er besteht, betrachtet vielmehr nur den leeren Raum, welchen der physische Körper einnimmt (ausfüllt).

Flächen.[9] — Die Grenzen eines Körpers nennt man Flächen und alle Flächen, welche einen Körper begrenzen (einschliessen), bilden zusammen dessen Oberfläche. Die Flächen eines Körpers können also, eben weil sie einen Raum begrenzen, kein Teil davon sein, mit andern Worten: Flächen haben keine Dicke, sind nur vom Körper abstrahierte Grössen im Raume.

Linien. — Die Grenzen einer Fläche nennt man Linien. Die Linien können also, eben weil sie eine Fläche begrenzen (einfassen), kein Teil davon sein, weil ein Teil einer Fläche doch selbst wieder eine Fläche, mithin nicht die Grenze wäre. Die Linien sind also auch nur Grössen im Raume, sie haben weder Dicke noch Breite, sondern nur eine Ausdehnung, nämlich Länge.

Punkte. — Die Grenzen einer Linie nennt man Punkte. Der mathematische Punkt kann also, eben weil er die Grenze (Anfang, Ende) einer Linie bezeichnet, kein Teil davon sein, mithin auch gar keine Ausdehnung haben. Die verschiedenen Richtungen im Raume nennt man auch 'Dimensionen.' Der Körper hat also drei Dimensionen (Länge, Breite und Dicke oder Höhe), die Fläche nur zwei Dimensionen, die Linie nur eine Dimension. Da der Punkt keine Dimension hat, so kann er auch keinen Stoff zu weiteren Betrachtungen geben.

Wir unterscheiden demnach nur dreierlei Arten räumliche Grössen, nämlich: Körper, Flächen und Linien, und diese reinen Gedankendinge sind nun der eigentliche Gegenstand, mit welchem die Geometrie sich beschäftigt.

In Bezug auf die Form heisst man die Linien, Flächen und Körper Figuren. In Bezug auf den Raum, den sie einnehmen, heisst man die Linien, Flächen und Körper räumliche Grössen.[1]

III.

System der Geometrie.

Die Geometrie ist die Wissenschaft von den Eigenschaften,[2] der Konstruktion und Ausmessung der räumlichen Grössen und ihre Hauptaufgabe ist: die Eigenschaften derselben zu entdecken. Nun kann man sich aber von jeder der drei Arten räumlicher Grössen: Körper, Flächen und

Linien unzählige verschieden geformte denken.[1] So sind z. B. die Körper, welche man Würfel,[2] Kegel, Kugel, Cylinder etc. nennt,[3] an Gestalt (Form, Figur) himmelweit[4] verschieden ; ebenso die Flächengrössen,[5] Dreieck, Viereck, Kreis[6] etc. ; ausser der Kreislinie lassen sich noch unzählige anders gestaltete krumme[7] Linien denken. Aber alle[8] diese unzähligen Gestalten betrachten und ihre Eigenschaften entdecken zu wollen,[8] würde offenbar, eben weil ihre Zahl unendlich ist, unmöglich sein. Glücklicherweise ist dies aber auch gar nicht nötig. Es hat sich nämlich gezeigt, dass man zur Bildung einer vollständigen Geometrie dennoch nur sehr wenige von den unzähligen räumlichen Grössen zu betrachten und genau zu erforschen braucht, nämlich diejenigen, die uns gleichsam den Schlüssel zur Kenntnis aller übrigen geben.

Die wichtigsten Eigenschaften, welche man bei diesen wenigen räumlichen Grössen entdeckt hat, sind nun, wie schon bemerkt, von unseren Vorfahren aufgezeichnet worden. Als die beste Form sie[9] mitzuteilen und zu lehren, hat man sie[9] in sogenannte Lehrsätze[10] gekleidet und diese nach einer gewissen,[11] durch die Wissenschaft selbst vorgeschriebenen systematischen Ordnung[11] an einander gereiht. Denn, so wie in der Arithmetik ein gewisses systematisches Fortschreiten notwendig beobachtet werden muss, und man z. B. nicht eher das Dividieren lernen kann, bevor man das Multiplizieren gelernt hat, diesem aber das Addieren und diesem wiederum das Zählen vorhergehen muss, so müssen auch in der Geometrie die Lehrsätze in einer gewissen Ordnung auf einander folgen, und der Anfänger wird deshalb schwerlich einen Satz gehörig verstehen, wenn er nicht alle vorhergehenden Sätze, welche ihn begründen und wie Glieder einer Kette mit ihm zusammenhängen, gehörig verstanden hat.

Um[12] die unumstössliche[13] Richtigkeit dessen, was jeder Lehrsatz behauptet, zu bestätigen, sind jedesmal die not-

wendigen Gründe dafür in Form eines Beweises hinzugefügt und hierauf folgen dann in der Regel[1] noch Beispiele, um den mitgeteilten Satz praktisch einzuüben und dem Gedächtnis einzuprägen.[2]

Sämtliche im System der Geometrie enthaltenen Lehrsätze etc. pflegt man auch wohl die Elemente (Fundamente) derselben und deshalb das System selbst die Elementar-Geometrie zu nennen.

Schliesslich möge hier noch erwähnt werden, dass altem Herkommen[3] nach die Geometrie in zwei Hauptteile geteilt wird, nämlich in *ebene* und *körperliche* Geometrie. Die ebene Geometrie (Planimetrie) betrachtet nur solche Konstruktionen, welche ganz in einer ebenen Fläche liegen ; die körperliche Geometrie (Stereometrie) dagegen diejenigen räumlichen Grössen, welche nicht in einer ebenen Fläche liegen und deren Bilder deshalb auch nur perspektivisch gezeichnet werden können.

Mit der Betrachtung der einfachsten räumlichen Grössen müssen wir natürlich beginnen und zwar zunächst mit den *Bestandteilen* der ebenen Figuren, nämlich mit der Betrachtung der geraden Linien und Winkel[4] (resp. Ecken). Denn obgleich jeder Mensch diese Begriffe schon hat und bei nüchternem Verstande gewiss keine gerade Linie mit einer krummen verwechseln wird, so ist doch eine genauere mathematische Bestimmung dieser Begriffe notwendig.

Wer nun gesunden Menschenverstand[5] und für merkwürdige Schöpfungen des menschlichen Geistes Sinn hat, nicht denkfaul[6] ist und sich[7] nicht durch die ersten Schwierigkeiten (die sich übrigens durch fleissiges Repetieren beseitigen lassen) abschrecken lässt,[7] der[8] wird nach Überwindung derselben sich immer mehr und mehr für die mathematischen Wissenschaften interessieren, sich über die schöne Ordnung in denselben freuen und von ihrer überzeugenden

Gewissheit überrascht,[1] mit zunehmender Spannung die allmähliche Entwickelung derselben verfolgen.

Um zur Kenntnis der ganzen Geometrie zu gelangen, hat man übrigens im ganzen nur etwa hundert eigentliche (hier mit gesperrter Schrift[2] bezeichnete) Sätze zu lernen, und diese werden die darauf zu verwendende[3] Zeit, wenn wöchentlich auch nur zwei statt vier gelernt werden, reichlich lohnen.

Ebene Geometrie.

---

§ 1.

Erklärungen.[4] — Eine gerade[5] Linie ist die, welche gleichmässig[6] zwischen ihren äussersten Punkten liegt.

EUKLIDES.[7]

Die kürzeste Linie zwischen zwei Punkten ist eine gerade Linie. CHAUVENET.

Eine gerade Linie ist die, welche ihre ganze Länge hindurch dieselbe Richtung hat. NEWCOMB.

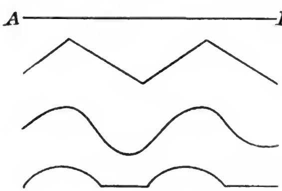


FIG. 12.

Eine gerade Linie (eine Gerade) nennt und bezeichnet man durch zwei an ihre Endpunkte gesetzte Buchstaben. Will[8] man auch den Lauf der Linie andeuten und sich[9] dieselbe durch die fortschreitende Bewegung des einen Endpunktes gegen den andern hin beschrieben denken,[9] so schreibt man desjenigen Punktes Buchstaben voran, von dem die Bewegung ausgeht. So bedeutet z. B. *AB* oder nach der neueren Bezeichnung (Carnot) $\overline{AB}$, die von *A* nach *B* gehende gerade Linie, und ebenso *BA* oder $\overline{BA}$ dieselbe Linie in umgekehrter Richtung.

Ein[1] aus geraden Linien von verschiedenen Richtungen zusammengesetzter Zug[1] heisst eine gebrochene Linie (die 2. Linie in vorstehender Figur).

Eine stetig gebrochene Linie, in welcher also kein Teil gerade ist, heisst eine krumme Linie (die 3. Linie in vorstehender Figur).

Ein aus geraden und krummen Linien bestehender Zug heisst eine gemischte Linie (die 4. Linie in vorstehender Figur).

Statt gerade Linie, sagt man gewöhnlich kurzweg: Linie.

§ 2.

Lehrsatz. — Durch zwei Punkte A und B ist nur eine einzige gerade Linie möglich.

Erklärung. — Eine Fläche ist und heisst eben oder eine Ebene, wenn eine gerade Linie, die zwei beliebige[2] Punkte mit ihr gemein hat, auch mit allen ihren übrigen Punkten darin enthalten ist; oder mit andern Worten: eine Fläche heisst eben, wenn man von jedem ihrer Punkte aus nach allen Richtungen gerade Linien in derselben ziehen kann.

Es sei hier noch ein für allemal daran erinnert, dass im ersten Teile der Geometrie nur solche Figuren betrachtet werden, die ganz in einer ebenen Fläche (Ebene) liegen, wofür das Papier oder die Tafel,[3] worauf sie gezeichnet sind, stets angenommen wird. Eine dreieckige Figur z. B., welche auf einer krummen Fläche, etwa auf einer Kugelfläche,[4] gezeichnet ist, gehört also nicht zur ebenen, sondern zur körperlichen Geometrie.

§ 3.

Lehrsatz. — Durch zwei Punkte A, B, ist die Lage[5]



Fig. 13.

und Richtung der dadurch gehenden[6] geraden Linie $\overline{AB}$, nämlich[7] der Lauf ihrer geradlinigen[8] Verlängerungen (die man sich, nach beiden Seiten

hin, bis[1] ins Unendliche denken[2] kann), vollkommen bestimmt.

Lehrsatz. Wenn zwei gerade Linien zwei Punkte gemein[3] haben, so bilden sie nur eine einzige gerade Linie.

Erklärung.— Unter Entfernung[4] (Abstand) zweier Punkte versteht man die Länge der sie verbindenden geraden Linie. Ist also der Weg zwischen zwei Punkten nicht gerade (geht er z. B. über einen Berg), so muss man die Länge desselben nicht mit der Entfernung der beiden Punkte verwechseln.[5]

§ 4.

Erklärungen. — 1) Eine nach allen Richtungen hin begrenzte Fläche heisst in Bezug auf ihre Gestalt Figur. Dieselbe ist eine geradlinige oder krummlinige oder gemischtlinige, je nachdem[6] sie von geraden oder krummen oder gemischten Linien begrenzt ist (z. B. Dreieck, Kreis, Halbkreis).

2) Der von den Grenzen einer Figur eingeschlossene Teil der (unendlichen) Ebene heisst Inhalt oder Flächeninhalt.[7]

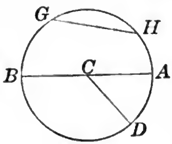


Fig. 14.

3) Der Kreis ist eine ebene Figur, von einer krummen Linie so begrenzt, dass alle ihre Punkte, wie *A*, *G*, *H* . . . von einem innerhalb liegenden Punkt *C*, den man Mittelpunkt oder Centrum nennt. gleich weit entfernt sind.

4) Die den Kreis begrenzende krumme Linie heisst Kreislinie oder auch Peripherie (Umfang[8]) und die davon eingeschlossene Fläche, Kreis oder Kreisfläche. 'Kreis' wird wohl auch für 'Kreislinie' gebraucht; aus dem Zusammenhange, ergiebt sich[9] aber alsdann, ob die Kreisfläche oder die Peripherie (Kreislinie) gemeint ist.

5) Jede vom Mittelpunkt *C* bis an die Peripherie gehende Linie, wie $\overline{CA}$, $\overline{CD}$, . . heisst Radius oder auch Halbmesser.[10]

6) Sehne[1] (Chorde) heisst jede[2] irgend zwei Punkte der Peripherie verbindende Gerade; z. B. $\overline{GH}$.

7) Durchmesser (Diameter) heisst die durch den Mittelpunkt gehende Sehne, z. B. $\overline{AB}$.

8) Es folgt aus dem Begriffe des Kreises, dass alle Radien desselben einander gleich und ebenso, dass alle Durchmesser einander gleich und jeder derselben doppelt so gross als ein Radius ist.

9) Jeder Teil der Kreislinie heisst ein Bogen (Arcus); z. B. $\overset{\frown}{GH}$ oder arc *GH*.

Den Kreis kann man sich enstanden denken,[3] indem der Radius $\overline{CA}$ desselben sich um den Mittelpunkt *C* dreht,[4] alsdann beschreibt der Endpunkt *A* die in sich zurücklaufende[5] Kreislinie.

10) Die Tangente[6] ist eine[7] die Peripherie berührende aber nicht durchschneidende[8] Gerade.[7] Der Punkt, an welchem die Tangente die Peripherie berührt, heisst der Berührungspunkt.[9]

§ 5.

Erklärung. — Wenn zwei Figuren so beschaffen[10] sind, dass, wenn man sie (in Gedanken) auf einander legt, sie genau mit einander zusammenfallen,[11] so sagt man: sie decken sich[12] oder sie sind kongruent.[13] Figuren sind gleich,[14] wenn sie gleichen Flächeninhalt haben. So kann z. B. ein Kreis einem Dreieck gleich sein. Figuren, die dieselbe Form oder Gestalt haben, heissen ähnlich.[15] Das Zeichen der Gleichheit (der gleichen Grösse) ist =, das Zeichen der Kongruenz (der Gleichheit nach Grösse und Gestalt) $\cong$. Es ist klar, dass, wenn zwei Figuren sich genau decken (kongruent sind), sie dann notwendig auch vollkommen gleich sind. Der Nachweis[16] der Deckung (Kongruenz) zweier Figuren wird häufig angewandt, um die Gleichheit derselben zu beweisen. Als Erläuterungsbeispiel[17] möge folgender Satz dienen.

Lehrsatz.— Ein Kreis wird durch einen beliebig[1] gezogenen Durchmesser *AB* halbiert,[2] d. h. in zwei gleiche Hälften geteilt.

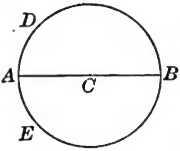


Fig. 15.

Beweis.— Man denke sich den obern Teil *ADB* aus der Bildebene herausgeschnitten, und (indem man ihn um den Durchmesser *AB*, wie um eine Achse gedreht[3] denkt) auf den untern Teil *AEB* gelegt, so müssen,[4] weil dem Begriffe des Kreises zufolge[5] alle Punkte der Peripherie gleich weit vom Mittelpunkt *C* entfernt sind, notwendig auch alle Punkte des obern Bogens *ADB* auf den untern *AEB* fallen, folglich[6] decken sich beide Teile (Halbkreise), sind also kongruent und jeder[7] die Hälfte des Ganzen.

Von den Winkeln.

§ 1.

Erklärung.— Wenn von einem Punkte zwei gerade (unendliche) Linien nach verschiedenen Richtungen ausgehen, so sagt man: sie seien[8] gegen einander geneigt[9] und bilden einen Winkel mit einander, und man versteht unter Winkel immer die Neigung zweier geraden Linien gegen einander. Die beiden, einen Winkel bildenden Linien, wie $\overline{BA}$, $\overline{BC}$, heissen die Schenkel[10] und der Punkt *B*, in welchem sie zusammenstossen, der Scheitel[11] (Spitze, Scheitelpunkt) des Winkels.

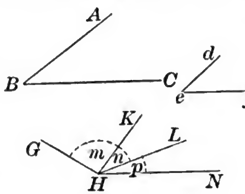


Fig. 16.

Einen Winkel nennt und bezeichnet man entweder blos durch den am Scheitel stehenden Buchstaben, oder, wenn mehrere an einerlei[12] Scheitel liegen und dadurch Verwechselung[13] entstehen könnte, durch einen[14] in die Öffnung der Schenkel gesetzten Buchstaben[14] oder auch durch drei Buchstaben, indem man

den am Scheitel stehenden zwischen die an den Schenkeln stehenden schreibt. Als Winkelzeichen benutzt man $\angle$ oder $\measuredangle$. Manche legen auch eine gebrochene Linie über die den Winkel bezeichnenden Buchstaben. So bedeutet[1] z. B. 'Winkel *B*,' $\angle B$, $\measuredangle B$, $\widehat{B}$, $\widehat{ABC}$, $\widehat{CBA}$ den Winkel bei *B*, ebenso: *n*, *KHL*, *LHK* den Winkel, den die beiden Linien $\overline{HK}$ und $\overline{HL}$ bilden.

Die Grösse eines Winkels hängt allein von der Neigung[2] (Öffnung) seiner Schenkel ab, die Länge der Schenkel ist ganz gleichgültig.[3] Denkt man den Winkel *e* so auf $\widehat{B}$ gelegt, dass der Scheitel *e* auf *B*, der Schenkel *ef* in die Richtung *BC* kommt, und es fällt dann der Schenkel *ed* auf *BA*, so sind die Winkel *B* und *e* gleich gross, obgleich ihre Schenkel verschiedene Längen haben.

§ 2.

Erklärungen. — 1) Liegen[4] die Schenkel eines Winkels in entgegengesetzter Richtung, bilden[4] sie also eine einzige gerade Linie, so heisst der Winkel ein gestreckter[5] oder flacher; z. B. $\angle DBC$.

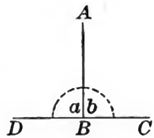


FIG. 17.

2) Der rechte Winkel ist die Hälfte des gestreckten. Ist also *a* die Hälfte des Winkels $\angle DBC$, so ist $\angle a$ ein rechter. Den rechten Winkel bezeichnet man mit *R*. Die beiden geraden, welche einen rechten Winkel bilden, stehen perpendikulär (senkrecht, lotrecht, normal, vertikal[6]) auf einander. '*AB* steht senkrecht auf *DC*' kürzt[7] man durch '$AB \perp CD$' ab.[7] *B* ist der Fusspunkt[8] des Perpendikels (der senkrechten) *AB*. Aus vorstehenden Erklärungen folgt, dass in einem Punkt *B* der Linie *DC* nur ein Perpendikel *AB* möglich ist, und dass daher alle rechte Winkel notwendig gleich sind (sich decken müssen).

Man breche ein Stück Papier und dann nochmals, so dass das Ende des ersten Bruches auf das andere fällt, so

hat man einen rechten Winkel und zwei auf einander senkrechte Linien.

3) Winkel, die kleiner als ein gestreckter,[1] also kleiner als zwei rechte sind, heissen konkave. Die konkaven Winkel sind entweder rechte oder spitze[2] oder stumpfe.[3] Spitz ist ein Winkel, wenn er kleiner ist als ein rechter, z. B. $\angle b$ in der Fig. zu § 3; stumpf, wenn er grösser ist als ein rechter, z. B. $\angle a$ in der Fig. zu § 3. Zwei Linien, die einen spitzen oder stumpfen Winkel bilden, heissen schräg[4] oder schief gegen einander. Spitze und stumpfe Winkel nennt man daher auch schiefe.

4) Der konvexe[5] Winkel ist grösser als ein gestreckter $(< 2\,R)$.

5) Der Winkel, welcher durch eine volle Umdrehung entstanden ist, also $= 4\,R$ ist, heisst ein voller oder kompleter.

§ 3.

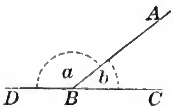


Fig. 18.

Erklärung.—Zwei Winkel, welche einen Schenkel gemein haben und deren beiden andern Schenkel eine gerade Linie bilden, heissen Nebenwinkel.[6]

Ein rechter Winkel ist also auch seinem Nebenwinkel gleich, und umgekehrt[7]: Sind zwei Nebenwinkel einander gleich, so ist jeder ein rechter.

§ 4.

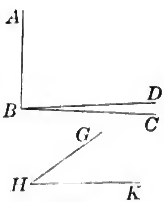


Fig. 19.

Winkelmass.—So wie man, um Linien zu messen, verschiedene Längeneinheiten (Meter, Centimeter, Millimeter) gebraucht, so ist man auch, um Winkel zu messen, über folgende drei Winkeleinheiten[8] übereingekommen.[9]

Man denkt sich den rechten Winkel in 90 kleinere gleiche Winkel geteilt, welche man Grade (°) nennt. Sei $\angle DBC$ ein solcher, deren

neunzig an einander liegend[1] den rechten Winkel ABC genau ausfüllen, nämlich $\angle DBC = 1°$, so ist dieser Winkel die grösste Winkeleinheit. Diese denkt man ferner in 60 gleiche (ihrer Kleinheit wegen[2] aber auf dem Papier nicht darstellbare[3]) Winkel geteilt, welche man Minuten (′) nennt, so dass also 1 Grad = 60 Minuten, in Zeichen $1° = 60'$. Den Winkel von einer Minute denkt man sich wiederum in 60 gleiche Winkel geteilt, welche Sekunden (″) heissen, so dass also $1' = 60''$. Hiernach ist also der rechte Winkel nämlich:

$$R = 90° = 5400' = 324{,}000''.$$

Es genügt hier, sich diese weit gehende Teilung des rechten Winkels nur in Gedanken vorzustellen. Ein geschickter Mechanikus kann einen Winkelmesser[4] herstellen, mit dem man, bei gehöriger Handhabung[5] desselben, die Winkel bis auf die Sekunde genau messen kann.

§ 5.

Winkelmesser. — Der Kreis dient uns nicht allein als Hilfslinie,[6] um Winkel zu zeichnen, sondern gehörig dazu

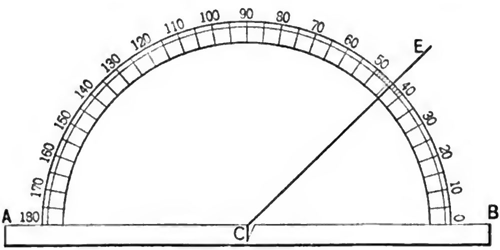


Fig. 20.

eingerichtet,[7] auch als Instrument, vermittelst dessen man einen Winkel messen und seine Grösse in Graden, Minuten und Sekunden angeben kann.

Man denke sich den Durchmesser AB eines Kreises gezogen, wodurch derselbe halbiert ist (Seite 132, Fig. 15).

Auf dem Durchmesser denke man sich im Mittelpunkt *C* das Perpendikel *DC* errichtet, so teilt dieses den Halbkreis wieder in zwei gleiche Teile arc *AD* = arc *DB*; denn denkt man sich die beiden rechten Winkel *ACD* und *DCB* zur Deckung gebracht, so müssen sich auch die Bögen *AD* und und *DB* decken, weil alle ihre Punkte gleich weit vom Mittelpunkt entfernt sind. Die Bögen *AD* und *DB* sind also gleich und jeder ein Viertelkreis (Quadrant). Denkt man sich nun jeden der beiden rechten Winkel in 90 gleiche Winkel (Winkelgrade) geteilt, so würden die Teilungslinien offenbar auch jeden der beiden Viertelkreise in 90, mithin den Halbkreis in 180 gleiche Bögen (Bogengrade) teilen (Seite 131, § 5, Erklärung). Würde nun umgekehrt der Halbkreis erst in 180 gleiche Bögen geteilt und dann von diesen Teilpunkten nach dem Mittelpunkte *C* gerade Linien gezogen, so wären dadurch 180 an einander liegende Winkelgrade versinnlicht.[1]

Um den Winkel *ECB* zu messen, lege man das Instrument so, dass sein Mittelpunkt auf den Scheitel *C* und sein Nullpunkt[2] auf einen Schenkel *CB* des zu messenden[3] Winkels fällt, alsdann sehe man zu,[4] wie viele Grade der andere Schenkel *CE* abschneidet,[5] indem man halbe bis viertel Grade nach dem Augenmass schätzt. Nach Andeutung der Figur wäre z. B. Winkel $ECB = 43° 50'$.

Anmerkung. — Dieser eben beschriebene, etwa 6 bis 15 cm im Durchmesser haltende und nur bis auf Grade (seltener halbe Grade) geteilte Winkelmesser wird nur gebraucht, um Winkel in Zeichnungen oder Rissen[6] zu messen und aufzutragen[7] und gewährt für solche Zwecke eine hinreichende Genauigkeit. Die Seite 135, § 4 erwähnten,[8] besonders für die Geodäsie[9] und Astronomie erforderlichen feineren Winkelmesser[8] sind ganze Kreise von 40 cm bis 1 m und darüber im Durchmesser mit einem um den Mittelpunkt drehbaren Fernrohr.[10] Die Teilstriche sind hier so fein,

dass man sie nur mit einem Vergrösserungsglase[1] deutlich sehen und ablesen kann. Nach den hohen Preisen derselben, von 300 bis zu 10,000 Mark[2] und darüber, kann man mutmassen, welche Geduld und Geschicklichkeit die Verfertigung solcher Instrumente erfordert.

§ 6.

Aufgabe. — Die Anzahl[3] Grade und Minuten, welche ein beliebig gegebener Winkel C enthält, blos mit Hilfe eines Zirkels[4] und wenigstens eben so genau zu bestimmen, als es mit den gewöhnlichen Winkelmessern möglich ist.

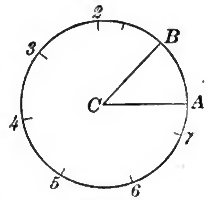


FIG. 21.

Auflösung. — Mit einem möglichst grossen Radius CA beschreibe man zwischen den Schenkeln des gegebenen Winkels C einen Bogen AB, den man zu einem ganzen Kreise vollendet. Hierauf untersuche man, wie oft der Bogen AB (indem man dessen Sehne $\overline{AB}$ in den Zirkel nimmt) in der ganzen Peripherie enthalten ist, und dividiere mit der gefundenen Zahl in 360°. Wäre z. B. arc AB $7\frac{1}{2}$ mal in der ganzen Peripherie enthalten, so wäre $\angle C = \frac{360^\circ}{7\frac{1}{2}} = 48^\circ$.

§ 7.

Lehrsatz. — Zwei Nebenwinkel betragen zusammen zwei rechte Winkel. In Zeichen:

$$a + b = 2\ R = 180^\circ.$$

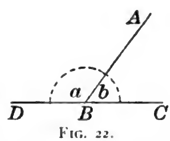


FIG. 22.

Beweis. — Denkt man sich aus dem gemeinschaftlichen Scheitel B einen in 180° geteilten Halbkreis beschrieben, oder den Winkelmesser angelegt, so ist klar, dass die beiden Nebenwinkel a und b ihn ganz ausfüllen, und dass der eine Nebenwinkel a gerade so viel über 90° hat, als dem andern b daran fehlen. Dasselbe folgt

auch, wenn man in *B* ein Perpendikel auf *DC* errichtet denkt.

Von den Dreiecken.

Zur Bildung einer geradlinigen[1] Figur sind mindestens drei Gerade erforderlich. Diese begrenzenden Geraden werden Seiten, die Summe der Seiten: Umfang (Perimeter), und der vom Umfange eingeschlossene Teil der Ebene: Inhalt der Figur genannt. Die Punkte, in welchen zwei Seiten zusammenstossen, heissen Ecken, die also zugleich die Scheitel der Winkel der Figur sind. Nach der Zahl der Seiten (oder Ecken) teilt man die Figuren ein in Dreiecke, Vierecke und Vielecke (Polygone).

Das Dreieck ist offenbar die einfachste unter allen geradlinigen Figuren, zugleich aber auch die wichtigste, weil alle Vielecke in Dreiecke zerlegt werden können. Deshalb muss man auch alle Lehrsätze über das Dreieck nicht allein gut verstehen, sondern auch gut inne haben.[2] Überhaupt hängt die Leichtigkeit und Gewandtheit in den Anwendungen der Geometrie und rasches Fortschreiten in derselben von der leichten und schnellen Erinnerung ihrer Lehrsätze ab.

Erklärungen. — 1) Die Seite des Dreiecks, auf welcher man sich dasselbe ruhend denkt, wird Grundlinie oder Basis genannt. Die beiden andern Seiten nennt man Schenkel des Dreiecks oder Scheitelseiten. Die der Grundlinie gegenüberliegende Ecke heisst Spitze[3] des Dreiecks. 'Dreieck' kürzt man durch △ ab.

2) Dem Verhältnis seiner Seiten nach ist das Dreieck:

a) ungleichseitig,[4] wenn alle drei Seiten ungleich sind;

b) gleichseitig,[5] wenn alle Seiten gleich sind;

c) gleichschenkelig,[1] wenn es nur zwei gleiche Seiten hat. Diese heissen dann die Schenkel und die dritte Seite Grundlinie.

3) Der Beschaffenheit der Winkel nach ist das Dreieck:

a) spitzwinkelig,[2] wenn alle drei Winkel spitz sind;

b) stumpfwinkelig,[3] wenn es einen stumpfen Winkel hat;

c) rechtwinkelig,[4] wenn es einen rechten Winkel hat. Im rechtwinkeligen Dreieck heissen die beiden rechtwinkelig auf einander stehenden Seiten die Katheten[5] (Senkrechte) und die dem rechten Winkel gegenüber liegende Seite: Hypotenuse.[6]

Von den Vierecken.

§ 1.

Erklärungen. — Ein Viereck[7] erhält nach dem Verhältnis und der Lage seiner Seiten folgende besondere Namen. Es heisst:

1) Parallelogramm, wenn je zwei gegenüber liegende Seiten parallel sind.

Rechtwinkelige Parallelogramme:

a) Rechteck (Rektangel, Oblongum), wenn nur die gegenüber liegenden Seiten gleich gross sind;

b) Quadrat, wenn alle vier Seiten gleich lang sind. Abgekürzt mit □ oder q.

Schiefwinkelige[8] Parallelogramme:

a) Rhomboid,[9] wenn nur die gegenüber liegenden Seiten gleich gross sind;

b) Rhombus oder Raute, wenn alle vier Seiten gleich lang sind.

2) Trapezoid,[10] wenn nur zwei Seiten parallel sind.

3) Trapez, wenn keine Seite einer andern parallel ist.

Die Diagonale eines Vierecks ist eine gerade Linie, welche zwei gegenüber liegende Scheitel verbindet.

Die Höhe eines Parallelogramms oder eines Trapezoids ist die perpendikuläre Entfernung zwischen den Grundlinien.

§ 2.

Lehrsatz. — In jedem Parallelogramm sind die gegenüber liegenden Seiten und Winkel einander gleich, und eine Diagonale teilt es in zwei kongruente Dreiecke.

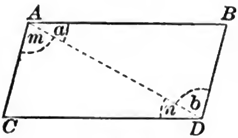


FIG. 23.

Beweis. — Weil im Parallelogramm die gegenüber liegenden Seiten parallel sind, so sind erstlich die inneren Wechselwinkel[1] gleich, $a = n$, $b = m$. Die beiden Dreiecke ACD und ABD haben nun eine gemeinschaftliche Seite und beide anliegenden Winkel gleich, daher $\triangle ACD \cong \triangle ABD$ und hieraus folgt $AB = CD$, $AC = BD$ und $\angle B = \angle C$.

§ 3.

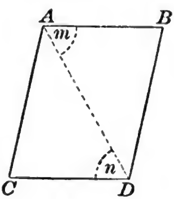


FIG. 24.

Lehrsatz. — Wenn in einem Viereck zwei Seiten parallel und gleich sind, so ist dasselbe ein Parallelogramm.

Beweis. — Sei AB gleich und parallel mit CD. Ziehe eine Diagonale, AD, so sind, weil $AB \parallel CD$, die Wechselwinkel m und n gleich. Da nun auch $AB = CD$, so sind die beiden Dreiecke ACD und ABD kongruent und hieraus folgt $\angle CAD = \angle ADB$, oder $AC \parallel BD$. Nun sind beide Paare Gegenseiten parallel; folglich das Viereck ein Parallelogramm.

§ 4.

Lehrsatz. — Die beiden Diagonalen eines Parallelogramms halbieren[1] sich gegenseitig.

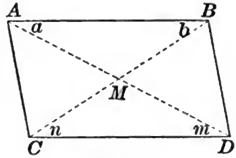


Fig. 25.

Beweis. — Weil $AB \parallel CD$, so ist $a = m$, und $b = n$, und da auch $AB = CD$, so ist $\triangle MAB \cong \triangle MCD$ und hieraus folgt: $AM = MD$ und $CM = MB$.

Körperliche Geometrie.

Von der Lage der Ebenen.

§ 1.

So wie die ebene Geometrie nur solche räumliche Grössen[2] betrachtet, deren sämtliche Punkte in einerlei Ebene liegen und hierbei zuerst von der geraden Linie ausgeht, dann die Neigung zweier Linien gegen einander bestimmen lehrt, hierauf zu geschlossenen Figuren fortschreitet, die wichtigsten derselben besonders betrachtet, von den Eigenschaften, der Ausmessung und Ähnlichkeit derselben handelt etc., so wird auf ähnliche Weise die sogenannte körperliche Geometrie (Stereometrie[3]) sich mit solchen räumlichen Grössen beschäftigen, deren Punkte nicht alle in einerlei Ebene liegen, und hierbei zuerst die Lage der Ebenen gegen einander betrachten, dann zu geschlossenen Figuren, nämlich zu ringsum von allen Seiten durch lauter Ebenen oder krummen Flächen begrenzten Räumen (Körper) übergehen, sie ausmessen lehren etc.

Obwohl nun die körperliche Geometrie fast nur eine Anwendung der ebenen Geometrie ist, so bieten doch ihre

ersten Sätze dem Anfänger deshalb Schwierigkeiten dar, weil in perspektivischer Zeichnung (indem das, was ausserhalb der Bildebene liegt, doch auf diese gezeichnet werden muss) nicht alle Teile einer Figur im richtigen Verhältnis erscheinen. Indessen kann man der Anschauung auf verschiedene Weise zu Hilfe kommen, indem man z. B., statt der geometrischen Körper, physische Körper aus irgend einer weichen Masse schneidet und formt.

Man pflegt eine Ebene gewöhnlich durch ein Viereck anzudeuten und durch zwei gegenüber stehende Buchstaben zu bezeichnen. So wie man eine gerade Linie nach beiden Enden hin bis ins Unendliche verlängert denken kann, so kann man sich auch eine Ebene nach allen Seiten bis ins Unendliche ausgedehnt denken. Versinnlichen[1] kann man eine Ebene und deren Lage durch ein Blatt Papier, von dessen Dicke und Unebenheit man abstrahiert.[2]

§ 2.

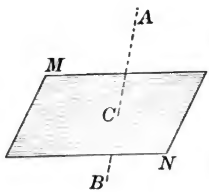


FIG. 26.

Lehrsatz. — Eine gerade Linie kann eine Ebene nur in einem Punkt schneiden.

Beweis. — Sei *MN* eine Ebene und *AB* eine durch sie hindurch gehende gerade Linie.* Hätte diese Linie ausser dem Durchschnittspunkt *C* noch einen zweiten mit der Ebene gemein, so müsste sie in ihrer ganzen Ausdehnung in derselben bleiben, weil sie dieselbe aber schneiden soll, so kann dies nur in einem Punkt geschehen, weil beide, sowohl Linie als Ebene, keine Dicke haben.

* Sei *MN* ein Stück der Bildebene, so liegt nur ein Punkt, *C*, der Linie *AB* in dieser Ebene. alle übrigen Punkte der Linie *AB* liegen ausserhalb derselben, teils oberhalb, teils unterhalb. Man muss sich also die Linie *AB* gegen die Ebene aufgerichtet denken. Wir werden solche Linien immer punktieren.[3]

Von den Körpern und deren Berechnung.

§ 1.

Erklärungen. — Körper heisst jeder nach allen Richtungen hin begrenzte Raum. Die Summe aller ihn begrenzenden Flächen heisst die Oberfläche des Körpers. So wie aber eine Fläche durch eine einzige Linie begrenzt sein kann, z. B. der Kreis, so kann auch ein Körper durch eine einzige (krumme) Fläche begrenzt sein, z. B. die Kugel. Ausser den, später näher zu erwähnenden drei runden (krummflächigen) Körpern: Cylinder, Kegel und Kugel, beschäftigt sich aber die Elementar-Geometrie nur mit solchen Körpern, welche von lauter ebenen Flächen (Ebenen) begrenzt werden.

Die Linien, in welchen sich irgend[1] zwei den Körper begrenzende Ebenen schneiden, heissen Kanten.[2] An den Punkten, in welchen drei oder mehrere Grenzebenen zusammenstossen, entsteht das, was man, von aussen betrachtet, eine Ecke,[3] von innen gesehen, einen körperlichen Winkel[4] nennt. Um eine Ecke oder einen körperlichen Winkel zu bilden, sind also wenigstens drei durch einerlei Punkt gehende Ebenen erforderlich.

Ein Körper wird manchmal nach der Anzahl der ihn begrenzenden ebenen Flächen benannt, ein achtflächiger[5] Körper z. B. wird von acht Flächen begrenzt. Von weniger als vier Ebenen kann ein Körper nicht begrenzt sein. Körper, welche in der Praxis häufig vorkommen, und deren Namen deshalb wohl zu merken, sind folgende:

1) *Prisma.* — Jeder Körper heisst ein Prisma, welcher von mehreren Ebenen, die mit einer Geraden parallel sind, eingeschlossen und gewöhnlich durch zwei parallele Ebenen begrenzt wird. Ein dreiseitiges Prisma, von drei Parallelogrammen und zwei Dreiecken begrenzt, hat sechs Ecken und neun Kanten. Ein Prisma heisst vierseitig u. s. w.,

wenn die Grundflächen Vierecke etc. sind. Die Kanten, in welchen irgend zwei Seitenflächen sich schneiden, nennt man hier Seitenlinien. Ein jedes Prisma kann man beschrieben denken, indem die eine untere Grundfläche sich an zwei parallelen Seitenlinien und stets parallel mit sich selbst bis zur obern Grundfläche bewegt (siehe Fig. 27). In jedem Prisma sind die Seitenlinien einander gleich und parallel.

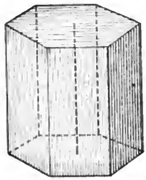


Fig. 27.

2) Ein Prisma heisst gerade (normal), wenn die Seitenlinien senkrecht auf der Grundfläche stehen, mithin alle Seitenflächen Rechtecke sind.

3) Unter Höhe[1] eines Prismas versteht man den Abstand[2] der beiden parallelen Grundflächen, nämlich das[3] von einem beliebigen Punkt der einen Grundfläche auf die andere (nötigenfalls erweitert gedachte) Grundfläche gefällte Perpendikel.[3] Bei einem geraden Prisma geben[4] schon die Seitenlinien die Höhe an.[4]

4) Ein gerades Prisma heisst regelmässig, wenn die Grundflächen regelmässige Vielecke sind.

5) *Parallelepipedon*[5] heisst jedes Prisma, dessen Grundflächen Parallelogramme sind (siehe Fig. 32, Seite 146). Sind die Grundflächen und Seitenflächen Rechtecke, so heisst das Parallelepipedon ein rechtwinkeliges[6] oder rechteckiges.

6) *Kubus*[7] (Würfel, Hexaeder) heisst jedes Parallelepiped, dessen Grundflächen und Seitenflächen Quadrate sind, die folglich gleich und senkrecht auf einander sind.

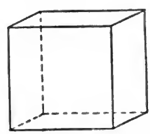


Fig. 28.

7) *Cylinder*[8] (Walze) heisst jeder prismatische Körper, der zwei kongruente und parallele Kreise zu Grundflächen hat, und dessen Seitenfläche — Mantel[9] — eine einzige solche krumme Fläche ist, deren sämtliche mit der Grund-

fläche parallelen Durchschnitte der Grundfläche gleich sind. Die[1] die Mittelpunkte der Grundflächen verbindende Gerade[1] nennt man Achse.[2] Man unterscheidet gerade und schiefe Cylinder, je nachdem[3] die Achse senkrecht auf den Grundflächen steht, oder nicht. Ersteren kann man sich durch Umdrehung[4] eines Rechtecks, *ECBG*, um die Seite *EC*, als Achse beschrieben denken (Rotationscylinder siehe Fig. 29). Die Radien *EG* und *CB* beschreiben dann gleiche und parallele Kreise, die Seitenlinie *GB* die in sich zurücklaufende[5] krumme Seitenfläche.

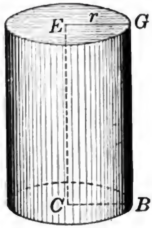


Fig. 29.

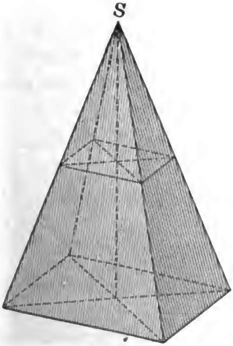


Fig. 30.

8) *Pyramide* heisst jeder Körper, dessen Grundfläche ein beliebiges Vieleck ist, und dessen Seitenflächen Dreiecke sind, die in einer Spitze, *S*, zusammenstossen (siehe Fig. 30).

Ein von der Spitze der Pyramide auf die Grundfläche gefälltes Perpendikel heisst die Höhe der Pyramide. Eine Pyramide wird nach der Anzahl Seiten der Grundfläche benannt: dreiseitige, vierseitige etc. Ferner heisst eine Pyramide regelmässig, wenn die Grundfläche ein regelmässiges Vieleck ist, und das von der Spitze darauf gefällte Perpendikel den Mittelpunkt des regelmässigen Vielecks trifft.

9) *Kegel* heisst jeder pyramidische Körper, dessen Grundfläche ein Kreis, und dessen Seitenfläche — Mantel — eine einzige solche krumme ist, dass darin von der Spitze nach jedem Punkt der Peripherie der Grundfläche eine

gerade Linie gezogen werden kann. Die von der Spitze nach dem Mittelpunkt der Grundfläche gehende Linie heisst die Achse des Kegels. Man unterscheidet gerade und schiefe Kegel, je nachdem die Achse auf der Grundfläche senkrecht steht, oder nicht. Ersteren kann man sich beschrieben denken, indem ein rechtwinkeliges Dreieck, *SCB*, sich um eine Kathete, *SC*, als Achse dreht. (Rotationskegel, siehe Fig. 31).

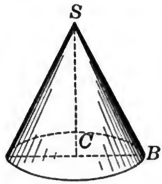


FIG. 31.

10) Zwei Körper heissen symmetrisch, wenn alle Bestandteile derselben, wie Ecken, Winkel, Seitenflächen etc. einzeln genommen,[1] vollkommen gleich sind, jedoch in der Zusammensetzung gerade[2] entgegengesetzte Lage haben, so dass dasselbe Stück, welches bei dem einen Körper rechts, oben etc. in dem andern links, unten etc. liegt. Obgleich solche symmetrische Körper sonst vollkommen gleich sind (z. B. die rechte und die linke Hand), so können sie doch, wegen der entgegengesetzten Lage ihrer gleichen Teile, nicht in vollkommen gleiche Grenzflächen eingeschlossen werden (nicht unmittelbar kongruent sein). Man nennt sie symmetrischkongruent.

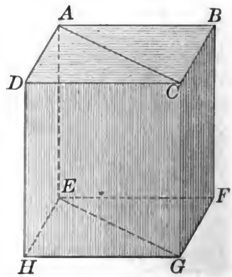


FIG. 32.

§ 2.

Lehrsatz.—Ein Parallelepipedon wird durch eine Diagonal-Ebene in zwei gleich grosse dreiseitige Prismen geteilt.

Beweis. — Man denke sich durch zwei gegenüber liegende parallele Seitenlinien, *CG* und *AE*, eine Ebene (Schnitt) geführt, so wird dadurch das Parallepiped *AG* offenbar in zwei dreiseitige Prismen geteilt. Das rechts liegende dreiseitige

Prisma hat die Ebenen $BCGF$, $ABFE$ und die Diagonal-Ebene $ACGE$ zu Seitenflächen, das links liegende die Ebenen $ADHE$, $DCGH$ und die Diagonal-Ebene zu Seitenflächen. Betrachtet man im rechts liegenden Prisma das Dreieck ABC, und im links liegenden das Dreieck HEG als untere Grundfläche, so sind die Grundflächen in beiden gleich, und da auch die Seitenflächen in beiden Prismen, sowohl gegen ihre Grundflächen ABC, HEG, als unter einander dieselbe Neigung haben, so sind die Prismen jedenfalls symmetrisch kongruent und also gleich gross. Wäre das Parallepiped ein gerades, so könnte man beide Hälften in einander gesteckt denken.

Regelmässige Körper.

Regelmässige *Vielecke*, d. h. solche, deren Winkel und Seiten einander gleich sind, kann man von jeder beliebigen Seitenzahl, mithin unendlich viele verschiedene denken. Übertragen wir aber diesen Begriff von Regelmässigkeit auch auf *Körper*, und nennen nur solche Körper regelmässige, deren Ecken (körperliche Winkel) einander gleich,[1] und deren Seitenflächen kongruente und zugleich regelmässige Vielecke sind, so ergiebt sich, als eine notwendige Folge und merkwürdiges Resultat unserer Denkgesetze, dass es solcher regelmässigen Körper nicht mehr als *fünf* verschiedene geben[2] kann.

Der Grund liegt nämlich darin: dass 1) zur Bildung eines körperlichen Winkels (Ecke) wenigstens drei Ebenen erforderlich sind, und dass, wie ebenfalls leicht einzusehen,[3] 2) alle Kantenwinkel (Linienwinkel), welche eine Ecke bilden (z. B. um die Spitze einer Pyramide herum liegen), zusammen allemal weniger, als vier rechte Winkel betragen.

Hieraus folgt nun sogleich, dass es keinen regelmässigen Körper geben kann, dessen Seitenflächen kongruente regelmässige Sechsecke[4] und viel weniger noch regelmässige 7,

8, 9 . . . Ecke wären; denn schon im regelmässigen Sechseck beträgt jeder Winkel 120°. Drei solche Winkel können also nicht (weil 4 rechte betragend) zur Bildung einer Ecke zusammengestellt werden, und wir haben es deshalb nur noch mit den regelmässigen 3, 4 und 5 Ecken zu versuchen.

Im regelmässigen Dreieck ist jeder Winkel = 60°. Drei, vier und auch fünf solche Winkel betragen weniger, als vier rechte und können also eine Ecke bilden. Im regelmässigen Viereck ist jeder Winkel = 90°, und im regelmässigen Fünfeck = 108°. Von jedem dieser Winkel können also nur drei eine Ecke bilden. Die gehörige Zusammenstellung giebt nun folgende fünf regelmässige Körper.

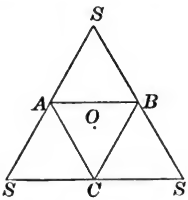


Fig. 33.

1. *Tetraëder*,[1] dessen Seitenflächen regelmässige Dreiecke sind oder in anderen Worten der reguläre Körper, der von vier kongruenten gleichseitigen Dreiecken eingeschlossen wird.

2. *Hexaëder*,[2] dessen sechs gleiche Seitenflächen Quadrate sind, wovon je drei eine Ecke bilden. Dieser Körper ist der schon bekannte Würfel oder Kubus, und dessen Netz leicht zu konstruieren.

3. *Oktaëder*,[3] dessen acht gleiche Seitenflächen regelmässige Dreiecke sind, wovon je vier eine Ecke bilden.

4. *Dodekaëder*,[4] dessen zwölf gleiche Seitenflächen regelmässige Fünfecke sind, und wovon jede der zwanzig Ecken aus drei Kantenwinkeln von je 108° gebildet ist.

5. *Ikosaëder*,[5] dessen zwanzig gleiche Seitenflächen wiederum regelmässige Dreiecke sind, und wovon jede seiner zwölf Ecken durch fünf Kantenwinkel von je 60° gebildet wird.

Die genauere Beschreibung und Netzzeichnung der drei letzten regelmässigen Körper, sowie die Berechnung derselben würde zu viel Raum einnehmen, und da die voll-

ständige Theorie dieser Körper doch nur rein wissenschaftliches Interesse hat, so müssen wir uns darauf beschränken, den merkwürdigen Umstand, dass es nur *fünf* verschiedene Arten regelmässige Körper geben kann, kurz angedeutet zu haben. Hat man jedoch diese Körper zur Hand, so ist auch die Möglichkeit ihrer Konstruktion leicht einzusehen.

Mineralogie.[1]

I.

Tiere und Pflanzen besitzen Organe, welche sie zu mannigfachen Lebensäusserungen[2] befähigen; die Mineralien haben keine Organe, es sind die unorganischen, leblosen Erzeugnisse der Natur, die unabhängig vom Lebensprozess organischer Wesen in den geheimnissvollen Werkstätten der Natur entstanden sind und auch heute noch, wenn auch kaum bemerkbar, entstehen. Aufgabe der Mineralogie ist die Ermittelung aller Eigenschaften der Mineralien; es gilt,[3] die Gesetze, welche in ihnen herrschen, zu ergründen; die Stoffe, aus denen sie bestehen, zu bestimmen; ihr Vorkommen in der Natur zu ermitteln, ihr Entstehen und Vergehen zu verfolgen. Erst wenn man diese Eigenschaften kennt, kann man die Mineralien vollständig beschreiben und sie nach ihrer Verwandtschaft ordnen.

Schon lange, ehe von einer Wissenschaft der Mineralogie die Rede war, wurden einzelne Mineralien wegen ihrer auffallenden Eigenschaften gesammelt und benutzt. Ihre regelmässige, von ebenen, glänzenden Flächen umschlossene Form, die Klarheit, prächtige Färbung und Unzerstörbarkeit vieler[4] haben zu allen Zeiten Bewunderung erregt. Die Mineralien, welche jene Eigenschaften in ganz besonders hohem Grade in sich vereinigen, die wir heute noch als Edelsteine hoch schätzen, wurden in den frühesten Zeiten wie etwas Überirdisches verehrt. Ihr Besitz galt[5] höher als der von Gold und Silber, sollten[6] sie doch die

Eigenschaft besitzen, den Menschen vor schlimmer Krankheit zu bewahren und gegen böse Geister zu schützen. Auch heute noch knüpft sich mancher Aberglaube an die farbenprächtigen, unvergänglichen Edelsteine. Ausser diesen benutzten die Alten die edlen Metalle, das Gold und Silber, auch Kupfer, Zink und Eisenerze,[1] den harten Feuerstein[2] und den zähen Nephrit[3] und manche andere Mineralien; eine genaue Kenntniss ihrer Eigenschaften aber besassen sie nicht. Auch im ganzen Mittelalter kannte man ausser den genannten wohl noch einzelne für den Bergbau wichtige Mineralien, aber eine genaue, das Wesentliche treffende Beschreibung konnte man nicht geben, weil man die Gesetze, welche in den Mineralien herrschen, nicht kannte. Eine wissenschaftliche, die Ermittelung dieser Gesetze erstrebende Mineralogie beginnt erst Ende des vorigen Jahrhunderts mit dem Auftreten von Haüy[4] in Paris und Werner[5] in Freiberg; Haüy lehrte uns die Krystallformen entziffern, Werner die Mineralien beschreiben und ordnen.

II.

Krystall. — Scharf ausgebildete, von ebenen, glänzenden Flächen umschlossene Formen lernte man schon im Altertum an Mineralien kennen, die aus dem eisstarrenden[6] Alpengebirge gebracht wurden; sie waren klar wie Eis und doch härter und dauerhafter als Glas; es konnte — so glaubte man — nur Eis sein, das durch lang dauernde starke Kälte so hart geworden war, dass es nun nicht mehr schmelzen kann und mit dem Namen für Eis, κρύσταλλος, belegte man diese Gebilde. Diese Bezeichnung wurde beibehalten, auch nachdem man wusste, dass der Krystall aus den Bergen, der Bergkrystall, nicht aus dem Eis der Berge entstehen kann und wurde später der allgemeine Ausdruck

für die natürliche, von ebenen Flächen umschlossene Form der Mineralien, die man also ihre Krystallform nennt.

Ein Krystall ist die natürliche Form eines Minerals: eine künstliche von Menschen gearbeitete Form ist niemals ein Krystall. Ein Stück Glas, dem man durch Schleifen[1] die Form eines Krystalls, etwa eines Oktaëders[2] gegeben hat, ist daher kein Krystall, denn seine Form ist keine natürliche, es hat sie nicht von selbst angenommen. Ein Oktaëder von Alaun[3] dagegen ist ein Krystall, denn diese Form ist eine natürliche, sie bildet sich immer von selbst, wenn Alaun aus seiner Lösung in Wasser sich ausscheidet. Um sich davon zu überzeugen, übergiesse man 12 (oder 6) Gramm gepulverten Kalialaun[4] mit 100 (oder 50) Gramm Wasser, erwärme bis sich alles gelöst hat und lasse ruhig über Nacht stehen. Am andern Morgen findet man in der Lösung die schönsten, meist etwas verzerrten[5] Krystalle, die bei längerem Stehen sich noch vergrössern oder zahlreicher werden. Es sind reguläre Oktaëder, oft noch mit Würfel, der die Ecken,[6] und mit Rhombendodekaëder,[7] das die Kanten abstumpft.[8] Die Substanz des Glases vermag keine Krystalle zu bilden, die des Alauns vermag dieses sehr wohl. Ein Krystall ist also ein von ebenen Flächen regelmässig begrenzter Körper, der seine Form seiner eigenen Substanz oder den ihr innewohnenden Kräften verdankt. Die Lehre von den Krystallformen heisst Krystallographie.

III.

Die *Flächen*, welche die Krystalle begrenzen, haben verschiedenes Aussehen; sie sind oft eben und glänzend wie ein Spiegel, oft aber auch rauh,[9] matt, gestreift, bisweilen auch gekrümmt[10] oder mit regelmässigen Vertiefungen[11] oder Erhabenheiten[12] versehen. Die Flächen eines Krystalls, welche gleiche Beschaffenheit haben, nennt man gleiche

Flächen; in Abbildungen und Modellen giebt man ihnen in der Regel gleiche Grösse, während an den Krystallen Umriss und Grösse der 'gleichen' Flächen in der Regel verschieden ist (vergl. S. 159). Die Gleichheit beruht eben nicht auf der Grösse, die ganz gleichgültig ist, sondern auf der physikalischen Beschaffenheit der Krystallflächen; man nennt daher gleiche Flächen eines Krystalls auch physikalisch gleiche, die von verschiedener Beschaffenheit auch physikalisch verschiedene Flächen.

Die Flächen sind an den Krystallen nach bestimmten Gesetzen angeordnet, deren Feststellung eine Aufgabe der Krystallographie ist.

Winkel. — Zwei benachbarte Krystallflächen schneiden sich in einer Kante oder Ecke, und schliessen einen Winkel ein. Während die Grösse der Krystalle ebenso wie die der Krystallflächen von keiner Bedeutung ist, ist die Grösse der Winkel, unter denen die Krystallflächen zusammenstossen, eine wesentliche Eigenschaft, denn an allen Krystallen eines Minerals schneiden sich dieselben Flächen immer unter gleichen Winkeln. Zur Messung der Winkel bedarf man eines besonderen Instruments, des Goniometers,[1] das für den Mineralogen dieselbe Bedeutung hat, wie für den Seefahrer der Kompass, denn es ermöglicht ihm, durch das Meer der Krystallformen sein Ziel zu erreichen, die Gesetze, nach denen die Krystallflächen angeordnet sind, zu ermitteln und die Krystallformen in einer ihrer Natur entsprechenden Weise zu ordnen. Der gewöhnliche Goniometer fusst[2] auf einem sehr einfachen Prinzip: wenn zwei gerade Linien sich schneiden, wie *OP*, *AB* in der beiliegenden Figur, so werden die Teile auf den gegenüberliegenden Seiten des Durchschnittspunktes (der

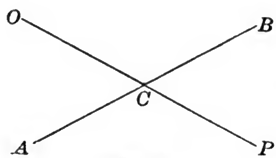


FIG. 34.

Kreuzung) *C* auf gleiche Weise divergieren; das heisst, in die Sprache der Mathematik übersetzt, der Winkel $OCB =$ dem Winkel ACP, und $OCA = BCP$.

Symmetrie. — Die Gesetze, nach denen die Krystallflächen angeordnet sind, äussern sich am klarsten in der Regelmässigkeit, mit der die gleichen Flächen und gleichen Winkel an den Krystallen verteilt sind, oder mit anderen Worten in der Symmetrie der Krystallform. Um sie kurz zu bestimmen, bedient man sich des Ausdrucks der Symmetrieebene und versteht hierunter eine solche Ebene, durch die man sich den Krystall so in zwei Hälften geteilt denken kann, dass die eine Hälfte das Spiegelbild[1] der andern wird, d. h. dass den Flächen und Winkeln in der einen Hälfte des Krystalls gleiche Flächen und Winkel in der andern Hälfte spiegelbildlich gegenüber liegen. Eine Symmetrieebene lässt sich z. B. durch die Ecken *E* der Fig. 35 legen; denke ich mir den Krystall in dieser Ebene durchschnitten (Fig. 36), so ist die eine Hälfte das Spiegelbild der andern, die breite sechseckige Fläche vorne und hinten wird genau halbiert, und jeder Fläche in der linken Hälfte liegt[2] eine ihr[3] gleiche in der rechten Hälfe, und jedem Winkel in der linken Hälfte liegt ein ihm[4] gleicher in der rechten Hälfte spiegelbildlich gegenüber.[2] Nur durch diese eine Ebene kann ich den in Fig. 36 dargestellten Krystall in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilen, durch keine andere, er besitzt daher nur eine Symmetrieebene.

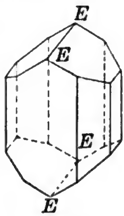


FIG. 35.
Ein Krystall mit einer durch *EEEE* gehenden Symmetrieebene.

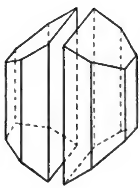


FIG. 36.
Derselbe Krystall in der Richtung der Symmetrieebene durchschnitten.

Krystallsysteme. — Die Krystallformen gleichen einander

und unterscheiden sich durch die Zahl der Symmetrieebenen, die durch sie hindurch gelegt werden können; durch manche Krystalle kann man überhaupt keine Symmetrieebene legen, durch andere nur eine, durch wieder andere drei, fünf, sieben oder neun; Krystalle, durch die man mehr als neun Symmetrieebenen legen könnte, giebt es nicht. Man fasst nun alle Krystalle, durch die man gleich viel Symmetrieebenen legen kann, in eine Gruppe zusammen und nennt eine solche Gruppe ein Krystallsystem; ein Krystallsystem umfasst also Krystalle mit der gleichen Zahl von Symmetrieebenen. Es giebt im ganzen sechs Systeme:

1) Reguläres[1]	System	mit	9	Symmetrieebenen
2) Hexagonales[2]	"	"	7	"
3) Quadratisches[3]	"	"	5	"
4) Rhombisches[4]	"	"	3	"
5) Monoklines[5]	"	"	1	"
6) Triklines[6]	"	"	0	"

Axen. — Um die Betrachtung und Bestimmung der Krystallformen zu erleichtern, denkt man sich Axen hineingelegt, d. h. durch ihr Inneres gerade Linien gezogen, die sich in einem Punkt in der Mitte schneiden; sie bilden ein sogenanntes Axenkreuz (siehe z. B. Fig. 37). Die Axen dieser Körper sind also imaginäre Linien, die die Mittelpunkte der gegenüber liegenden Flächen, Kanten und Winkel verbinden.

Man wählt die Axen zweckmässig so, dass man durch ihr Axenkreuz ebenso viel Symmetrieebenen legen kann, als durch die Krystalle des betreffenden Systems; alsdann sind die Axen, je nach dem System, entweder alle oder nur teilweise einander gleich oder alle ungleich; gleiche Axen bezeichnet man mit gleichen Buchstaben (*a*), ungleiche mit verschiedenen Buchstaben (*a*, *b*, *c*); will man die kürzere von der längeren unterscheiden, so giebt man ihnen das

Zeichen der Kürze ⌣ und Länge —. Die Axen schneiden sich ferner, je nach dem System, unter rechten oder unter schiefen Winkeln. Für die verschiedenen Krystallsysteme hat man hiernach die folgenden Axen gewählt:

1) Reguläres System, drei gleiche auf einander senkrechte Axen (vergl. Fig. 37).

2) Hexagonales System, drei gleiche Nebenaxen,[1] die in einer Ebene unter 60° sich schneiden, und senkrecht dazu eine vierte, von jenen verschiedene, die man Hauptaxe nennt (vergl. Fig. 38).

3) Quadratisches System, zwei gleiche auf einander

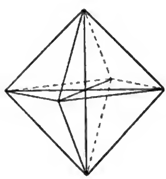


Fig. 37.
Oktaëder.

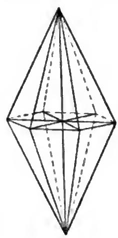


Fig. 38.
Hexagonale Pyramide erster Stellung.

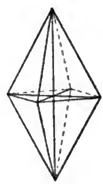


Fig. 39.
Quadratische Pyramide erster Stellung.

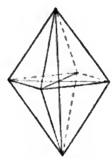


Fig. 40.
Rhombische Pyramide.

senkrechte Nebenaxen und senkrecht dazu eine dritte, von jenen verschiedene Hauptaxe (vergl. Fig. 39).

4) Rhombisches System, drei ungleiche, auf einander senkrechte Axen (vergl. Fig. 40).

5) Monoklines System, drei ungleiche Axen; zwei schneiden sich unter schiefem Winkel, die dritte ist auf beiden senkrecht.

6) Triklines System, drei ungleiche, unter schiefen Winkeln sich schneidende Axen.

Bei der Betrachtung stellt man die Krystalle zweckmässig so, dass eine Axe vertikal ist und eine andere quer von

links nach rechts geht, die Lage der dritten ergiebt sich dann von selbst. Man nennt sie dann auch Vertikalaxe, Queraxe und Längsaxe. Wenn eine Axe schief zu der andern steht, wie es im monoklinen[1] System der Fall ist, so bekommen die Flächen, welche der schiefen Axe parallel gehen, das Beiwort Klino,[2] also Klinodoma[3] und Klinopinakoid,[4] und die, welche der dazu senkrechten, der geraden Axe parallel gehen, das Beiwort Ortho,[5] also Orthodoma,[6] Orthopinakoid.

Einfache Krystallform. — Wenn alle an einem Krystall vorhandenen Flächen physikalisch gleich sind, so nennt man die Form eine einfache Krystallform; alle ihre Flächen schneiden die Axen in gleichem Verhältnis. Eine einfache Krystallform ist z. B. das Oktaëder, alle Flächen sind gleich und jede schneidet die Axen in demselben Verhältnis.

Kombination. — Eine Krystallform, die von physikalisch verschiedenen Flächen begrenzt ist, nennt man eine Kombination. Sie wird von Flächen begrenzt, die mehreren einfachen Krystallformen angehören. Fig. 41 stellt eine Kombination dar, die an Flussspat[7] häufig ist; die quadratischen Flächen sind glänzend, die dreiseitigen matt; die quadratischen bilden für sich eine einfache Krystallform, den Würfel, die dreiseitigen bilden für sich eine andere einfache Krystallform, das Oktaëder; die ganze Form ist eine Kombination von Würfel und Oktaëder.

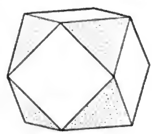


FIG. 41.
Kombination von Würfel und Oktaëder.

In einer Kombination ist in der Regel eine einfache Krystallform grösser als die anderen, sie heisst der Träger der Kombination. Bei der Beschreibung gibt man an, in welcher Weise die ursprüngliche Form des Trägers der Kombination durch die hinzugekommenen Flächen verändert ist. Man sagt, eine Ecke

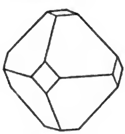


FIG. 42.
Oktaëder mit Würfel.

oder Kante sei abgestumpft,[1] wenn sie durch eine Fläche ersetzt ist (Fig. 42), eine Ecke sei zugespitzt[2] (Fig. 43), eine Kante sei zugeschärft[3] (Fig. 44 und 45), wenn sie durch zwei oder mehr Flächen ersetzt ist.*

Die zu dem Träger der Kombination hinzutretenden

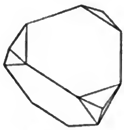


Fig. 43.
Tetraëder mit Rhombendodekaëder.

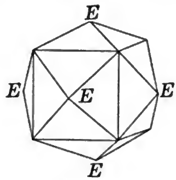


Fig. 44.
Pyramidenwürfel.

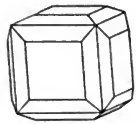


Fig. 45.
Würfel mit Pyramidenwürfel.

Flächen gehören[4] einfachen Krystallformen desselben Systems an,[4] die wie diese nach ihrer Lage zu den Axen bestimmt werden können.

Hemiëdrie.[5] — Bisweilen kommt es vor, dass an einer scheinbar einfachen Krystallform, z. B. einem Oktaëder, die eine Hälfte der Flächen von der anderen Hälfte physikalisch verschieden, die eine Hälfte z. B. glänzend, die andere matt ist (Fig. 46), oder dass nur die eine Hälfte der Flächen auftritt, die andere Hälfte ganz fehlt; aus dem Oktaëder wird so das Tetraëder (Fig. 46). Man nennt diese Erscheinung Hemiëdrie, die auftretenden Formen Halbflächner oder H e m i ë d e r. Sie besitzen weniger Symmetrieebenen als die anderen Krystalle des Systems, können[6] aber immer von solchen, die die volle Zahl von Symmetrieebenen besitzen, den vollflächigen oder holoëdrischen[7] Krystallen, abgeleitet

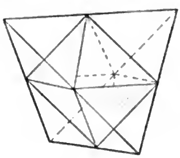


Fig. 46.
Tetraëder, der Halbflächner des Oktaëders.

* Fig. 44 steht hier bloss, um sie mit dem Würfel und der Fig. 45 vergleichen zu können.

werden, da ihre Flächen zu den Axen dieselbe Lage haben wie bei diesen. Wie leicht einzusehen, kann ein solcher Vollflächner zwei Hemiëder liefern, je nachdem die eine oder die andere Hälfte seiner Flächen auftritt; beide haben genau dieselbe Form, aber verschiedene physikalische Eigenschaften (z. B. verschiedenen Glanz) und am selben Krystall verschiedene Lage. Um beide zu unterscheiden, pflegt man das eine Hemiëder positiv, das andere, das von demselben Vollflächner sich ableitet, negativ zu nennen. Seltener tritt von einer Form nur der vierte Teil der Flächen auf, was man als Tetartoëdrie[1] bezeichnet.

Die im ganzen seltene Erscheinung, dass am einen Ende einer Axe andere Flächen auftreten als am anderen, nennt man Hemimorphismus.

IV.

Ausbildung der Krystalle.[2] — Die Krystalle sind um so[3] regelmässiger gebildet, je[3] ungestörter sie während ihres Wachstums sich entwickeln konnten; in der Regel sind aber

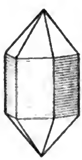


Fig. 47.

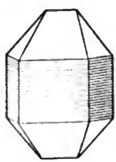


Fig. 48.

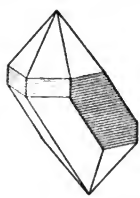


Fig. 49.

Hexagonales Prisma mit Pyramide. Durch ungleiche Ausdehnung der gleichen gestreiften Flächen erscheinen die Kristalle in Fig. 48 und 49 verzerrt.

doch gleiche Flächen ungleich gross, die Krystalle sind meist, wie man sagt, verzerrt,[4] ihre Form kann oft sehr auffallend von der idealen, in Zeichnung und Modell dargestellten Form abweichen. Die Figuren 47–49 stellen

dieselbe Kombination dar, nämlich ein hexagonales Prisma mit Pyramide, eine Form, die bei Quarz häufig ist. Die Prismenflächen sind namentlich in Fig. 49 in Grösse und Form sehr verschieden, sie sind aber doch alle einander gleich, weil sie physikalisch gleich sind, denn alle sechs sind am Quarz deutlich horizontal gestreift[1]; die Gleichheit der Krystalle liegt eben nicht, wie wir schon früher, Seite 153, betont haben, in der äusseren Form, sondern in der physikalischen Beschaffenheit, und die drei Krystalle, obwohl äusserlich verschieden, sind doch, vom Standpunkt des Krystallographen betrachtet, einander gleich; es ist immer dieselbe Kombination von Prisma und Pyramide. Durch die Verzerrungen[2] wird die Bestimmung der Krystalle häufig recht erschwert. Auch sonst weicht die Form der Krystalle oft von der idealen Form ab, die Flächen sind bisweilen merklich gekrümmt, wodurch die Form linsenförmig[3] (Gyps) oder gar kugelig wird (Diamant). Durch Aneinanderreihung[4] kleiner, nicht parallel gestellter Kryställchen entstehen sattelförmige[5] oder garbenförmige Krystalle. Manchmal ist die Ausbildung der Krystalle so abweichend von der gewohnten, dass man sie für etwas anderes als ein Krystallgebilde halten möchte. Das bekannteste Beispiel sind die Eisblumen am Fenster und die Schneesterne; ganz ähnliche Gebilde kommen auch unter den Mineralien vor; baumförmige,[6] moos-, draht-, haarförmige Krystallbildungen sind namentlich bei Silber, Kupfer und einzelnen anderen Mineralien gar nichts Seltenes; in anderen Fällen zeigen Krystalle wohl den Umriss[7] der Form, ihr Inneres aber ist nicht ausgefüllt, es sind wahre Krystallskelette.

Aggregat nennt man die Vereinigung von vielen dicht an einander gedrängten Krystallindividuen, die keine Krystallflächen besitzen; ein solches Aggregat ist z. B. der weisse Marmor, der aus dichtgedrängten Körnern von Kalkspat[8] besteht. Die Aggregate nennt man je nach der

Beschaffenheit der einzelnen Individuen körnig[1] (grob-, mittel-, feinkörnig, dicht), faserig[2] (parallel- und radialfaserig), stengelig, schuppig, schalig etc. Überhaupt nennt man krystallisierte Massen ohne Krystallflächen derb,[3] ihre Aggregate derbe Aggregate. Eine besondere Art der Aggregate heisst Glaskopf[4]; es sind radialfaserige Aggregate mit rundlicher, nierenförmiger,[5] meist glänzender Oberfläche ; besonders gebräuchlich ist der Name für so beschaffenen Rot- und Brauneisenstein.[6]

Vorkommen[7] der Krystalle. — Die Krystalle finden sich im Innern von Gesteinen — eingewachsen — oder auf den Wänden von Klüften und Hohlräumen — aufgewachsen; die eingewachsenen sind ringsum von Flächen begrenzt, während bei den aufgewachsenen an der Stelle, mit der sie festgewachsen sind oder waren, die Flächen fehlen. Viele auf einem Stück vereinigte Krystalle bilden eine Krystalldruse[8] oder Stufe. Drusen, die in grösseren Blasen[9] der Gesteine die Wände der Hohlräume bekleiden, werden Geoden[10] oder Hohldrusen genannt. Geoden in grossem Massstab sind die Krystallkeller, Klüfte und Höhlen, deren Wände mit zahllosen, oft besonders grossen Krystallen bekleidet sind. Bekannt sind solche Krystallkeller in den Alpen, wo sie besonders Bergkrystall enthalten; die im Gipsgebirge enthalten Gipskrystalle; im Kalkgebirge[11] enthalten die Höhlen Kalkspat[12] in Form von Tropfstein,[13] es sind die bekannten Tropfsteinhöhlen, bewundert wegen der mannigfachen Form der von der Decke zum Boden strebenden Stalaktiten.

In den genannten Fällen sind die Krystalle da, wo sie sich befinden, entstanden; man sagt, sie befänden sich auf ursprünglicher Lagerstätte oder auf und in ihrem Muttergestein.[14] Wenn dieses durch die Verwitterung[15] zerstört wird und zu Schutt zerfällt, wird es vom Wasser fortgeschwemmt und bildet das Geschiebe[16] und Gerölle der

Bäche und Flüsse; von den mitgerissenen meist abgerollten Mineralien sagt man nun, sie befänden[1] sich auf sekundärer Lagerstätte. Enthält eine Ablagerung von Geschiebe nutzbare Mineralien so nennt man sie eine Seife[2] und spricht so von Gold-, Platin-, Edelsteinseifen, je nachdem aus den Geschiebeablagerungen Gold, Platin oder Edelsteine gewonnen werden.

Einschlüsse. — Eine gar nicht seltene Erscheinung ist es, dass in einem Krystall fremde Körper eingeschlossen sind, die man natürlich um so besser wahrnimmt, je klarer der Krystall und je grösser die Einschlüsse sind. Besonders häufig sind Einschlüsse in Bergkrystall,[3] namentlich fallen[4] grüne Nadeln von Strahlstein[5] auf,[4] die wie Gras aussehen, und die Meinung, Bergkrystall sei[1] eine Art Eis, nur bestärken[6] mussten. Ausser Mineralien, findet man auch Flüssigkeiten als Einschluss in Krystallen, unter denen flüssige Kohlensäure besonders interessant ist; in Steinsalz[7] ist häufig Mutterlauge[8] eingeschlossen, in Bergkrystall auch Chlornatriumlösung.[9] Die Flüssigkeitseinschlüsse sind an einem beweglichen Bläschen (Libelle) leicht zu erkennen.[10] In den aus Lava fest gewordenen Mineralien sind Einschlüsse von Lava[11] (Schlacke) besonders häufig.

Sehr feine und massenhafte Einschlüsse rufen[12] in manchen Mineralien besondere Licht- und Farbenerscheinungen hervor,[12] so den Schimmer im Katzenauge[13] und die lebhaften Farben des Labradorfeldspats. Die baum-[14] und moosartigen Zeichnungen, die im Achat[15] (Moosachat) öfters zu sehen sind und wohl für pflanzliche Gebilde gehalten wurden, sind feine Mineralteilchen, die von durchgesickertem Wasser zurückgelassen sind.

Amorph[16] nennt man diejenigen Mineralien, die nicht krystallisiert sind; sie sind niemals von ebenen Flächen begrenzt, aber auch niemals körnig oder faserig, sondern durch ihre ganze Masse hindurch vollkommen gleichmässig

beschaffen; niemals lassen sie auch nur eine Spur von Spaltbarkeit [1] erkennen, vielmehr ist der Zusammenhang (die Cohäsion) in allen Richtungen gleich. Die natürliche freie Oberfläche ist wie eine getropfte Masse kugelig gerundet. Der bekannteste amorphe Körper is das Glas, das aber kein Mineral ist. Unter den amorphen Mineralien ist Opal [2] am häufigsten. Nicht zu verwechseln mit einem amorphen Mineral ist ein dichtes, denn dieses besteht immer aus kleinen Körnchen, die allerdings manchmal mikroskopisch klein werden; so ist z. B. dichter Kalkstein nicht amorph, sondern feinkörnig, denn er besteht aus lauter kleinen Körnchen von Kalkspat, die dieselben Eigenschaften wie Kalkspat besitzen; auch gibt es alle Übergänge [3] von feinkörnigem zu grobkörnigem Kalkstein, in dem die einzelnen Körner mit blossem Auge zu unterscheiden sind.

V.

Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien.

Härte. — Unter Härte versteht man den Widerstand, den ein Körper dem Ritzen entgegensetzt. Von zwei Körpern ist der der härtere, der den andern ritzt. Versucht man mit einem harten Gegenstand, z. B. einem Messer, verschiedene Mineralien zu ritzen, so wird man finden, dass die Spitze in manche leicht,[4] in andere schwer und in wieder andere gar nicht eindringt, dass also die Mineralien verschieden hart sind. Um den Grad der Härte ungefähr angeben zu können, hat man folgende Reihe von Mineralien — die Härteskala — zusammengestellt, von denen das folgende immer härter ist, als das vorhergehende: 1. Talk,[5] 2. Gips, 3. Kalkspat, 4. Flussspat, 5. Apatit, 6. Feldspat, 7. Quarz, 8. Topas,[6] 9. Korund,[7] 10. Diamant.

Hiernach kann man die Härte eines Minerals leicht bestimmen: gleich harte Mineralien ritzen sich gegenseitig

nicht oder nur wenig, ein härteres ritzt immer das weichere. Ein Mineral hat entweder dieselbe Härte, wie ein Glied der Skala (z. B. Granat[1] H = 7), oder es ist weicher als das eine und härter als das andere (z. B. Steinsalz H = 2½). Mineralien bis Härte 2 werden vom Fingernagel leicht geritzt und fühlen[2] sich fettig[3] an (besonders 1); statt Apatit kann man Fensterglas nehmen, das auch Härte 5 hat. Mineralien, deren Härte unter 6 ist, werden vom Messer geritzt, die über 6 geben am Stahl Feuer. Härte 8–10 ist Edelsteinhärte.

Ein jeder, der Mineralien bestimmen will, sollte eine Härteskala sich anlegen; Diamant und Korund sind entbehrlich,[4] die andern Glieder sind alle leicht zu beschaffen.

Spaltbarkeit.[5] — Viele Mineralien lassen sich nach einer oder mehreren Richtungen leichter trennen als nach andern; man nennt diese Eigenschaft Spaltbarkeit, die Trennungsfläche,[6] die immer einer möglichen Krystallfläche parallel geht, Spaltfläche, ein[7] nur von Spaltflächen begrenztes Stück[7] Spaltungsstück. Die Spaltflächen können mit sehr verschiedener Leichtigkeit hervorgerufen werden. Vollkommene Spaltbarkeit besitzt z. B. Glimmer[8] und Gips[9]; von beiden lassen sich leicht die dünnsten Blättchen abspalten. Steinsalz und Kalkspat spalten so deutlich nach drei Richtungen, dass sie beim Zerschlagen[10] immer in Spaltungsstücke zerspringen, Steinsalz in kleine Würfelchen, Kalkspat in Rhomboëder. Auch Flussspat und Zinkblende[11] besitzen noch ziemlich deutliche Spaltbarkeit, jener nach den vier Richtungen des Oktaëders, diese nach den sechs Richtungen des Rhombendodekaëders. Andere Mineralien haben weniger deutliche Spaltbarkeit, manche, wie Quarz, lassen überhaupt kaum Spuren erkennen. Die Spaltbarkeit beobachtet man am besten an Bruchstellen; an ganzen Krystallen ist sie manchmal durch Risse angedeutet.

Das Vorhandensein oder Fehlen von Spaltbarkeit ist immer wichtig zur Bestimmung von Mineralien.

Bruch.[1] — Beim Zerschlagen von Mineralien, besonders von schwer oder nicht spaltbaren, entstehen oft unregelmässige Bruchflächen, deren Beschaffenheit charakteristisch ist und je nach dem Aussehen als muschliger,[2] unebener, ebener, splittriger, hackiger, erdiger Bruch bezeichnet wird. Beispiele dafür sind (in derselben Reihenfolge): Feuerstein,[3] Schwefelkies, Jaspis, Hornstein, Silber, Kreide.

Tenacität.[4] — Die Mineralien zeigen bei dem Versuch, sie zu zerschlagen, zu ritzen, zu schneiden oder zu biegen, ein verschiedenartiges Verhalten, das man ihre Tenacität zu nennen pflegt. Spröd[5] nennt man Mineralien, wenn das beim Ritzen entstehende Pulver fortspringt; sie lassen[6] sich leicht pulverisieren (Diamant, Quarz); mild,[7] wenn das Pulver längs des Ritzes liegen bleibt (Speckstein[8]); geschmeidig,[9] wenn beim Ritzen sich kein Pulver bildet; dehnbar oder duktil, wenn sie sich zu dünnen Blättchen[10] aushämmern lassen; dehnbare Körper können nicht pulverisiert werden (Gold, Silber). Biegsam[11] heissen Mineralien, deren Blättchen, einmal umgebogen, gebogen bleiben (Chlorit); elastisch die, deren umgebogene Blättchen nach Aufhören des Druckes in ihre frühere Lage zurückschnellen[12] (Glimmer).

Der *Glanz*[13] der Mineralien ist der Art und dem Grad nach verschieden; zur Bezeichnung der Art des Glanzes vergleicht man ihn mit dem Glanz bekannter Körper: Metallglanz ist verbunden mit Undurchsichtigkeit[14] (Bleiglanz, Schwefelkies); die durchsichtigen oder durchscheinenden[15] haben Glasglanz[16] (Bergkrystall), Diamantglanz[17] (Diamant), Perlmutterglanz (Glimmer), Seidenglanz (faseriger Gips), Fettglanz[18] (Eläolith). Dem Grad nach wird wohl unterschieden: stark glänzend,[19] glänzend, schimmernd, matt.

Die *Durchsichtigkeit* ist in allen Graden vertreten: Vollkommen durchsichtig ist z. B. Bergkrystall, Diamant; andere sind trüb durchsichtig (Schwerspat[1]), durchscheinend oder nur kantendurchscheinend, d. h. in dünnen Splittern durchscheinend (Feuerstein), viele andere sind undurchsichtig (Bleiglanz). Manche durchsichtige Mineralien lassen beim Hindurchblicken gegen einen benachbarten Gegenstand (z. B. eine feine Nadelspitze, einen Strich, die Schrift) diesen doppelt erscheinen; am besten zeigt dies klarer Kalkspat, der sogenannte Doppelspat. Man nennt die Erscheinung Doppelbrechung,[2] im Gegensatz zur einfachen Brechung, die das Licht in andern Körpern z. B. in Glas oder Steinsalz erfährt. Alle Krystalle mit Ausnahme der regulären besitzen die Eigenschaft, das Licht doppelt zu brechen, man kann es aber ohne besondere Instrumente, sogenannte Polarisationsapparate, in der Regel nicht wahrnehmen. Wir können daher auf diese Eigenschaft, so wichtig sie auch ist, nicht näher eingehen.

Die Farben, welche die Mineralien bei Tageslicht zeigen, sind entweder ihrer Substanz[3] eigentümlich oder nicht; im ersten Fall nennt man die Mineralien eigenfarbig oder farbig, im andern Fall fremdfarbig oder gefärbt. Für die farbigen Mineralien ist die Farbe eine wesentliche Eigenschaft; sie sind weiss (Silber), grau (Bleiglanz), schwarz (Magneteisen), gelb (Schwefel, Schwefelkies), rot (Kupfer), grün (Malachit),[4] blau (Kupferlasur).[5] Oft sind die farbigen Mineralien noch durch die Verschiedenheit derselben Grundfarbe zu unterscheiden, z. B. Schwefelkies (gelb ins graue 'speisgelb'[6]) und Kupferkies (gelb ins grüne 'messinggelb').

Für die gefärbten Mineralien ist die Farbe meist unwesentlich, was man besonders daran sieht, dass dasselbe Mineral, z. B. Flussspat, in allen Farben vorkommt, oder dass an demselben Krystall die Farbe wechselt. Die

Färbung bei diesen wird durch Einschlüsse oder geringe, oft kaum nachweisbare Beimengung hervorgerufen, ihre Substanz in reinem Zustand ist ungefärbt, farblos.

Strich.[1] — Wird mit einem farbigen Mineral über eine rauhe Fläche, am besten über rauhes weisses Porzellan (sog. Biskuit[2]), unter nicht zu gelindem Druck hingestrichen, so hinterlässt es einen farbigen Strich, dessen Farbe häufig zur Bestimmung der Mineralien dient; meist ist die Farbe des Strichs heller als die des Minerals, manchmal überhaupt anders; so gibt schwarzer Eisenglanz[3] roten, gelber Schwefelkies schwarzen Strich; die gefärbten Mineralien geben fast alle weissen Strich.

Dichroismus.[4]—Manche durchsichtige Krystalle erscheinen nach verschiedenen Richtungen verschieden gefärbt; man nennt die Erscheinung Dichroismus (Zweifarbigkeit), obwohl man öfters mehr als zwei Farben wahrnimmt. Wenn man z. B. durch (braunen) Turmalin[5] senkrecht zu seinen Prismenflächen hindurchsieht, erscheint er braun, sieht man aber parallel mit ihnen, so erscheint er schwarz und undurchsichtig; das Mineral Cordierit[6] erscheint in einer gewissen Richtung dunkelblau, in einer anderen hellblau, in einer dritten gelb; wegen des deutlichen Dichroismus heisst es auch Dichroit. Die Erscheinung zeigen viele gefärbte doppelbrechende Krystalle, sie ist in der Regel aber nur mit Hilfe eines besonderen Instrumentes, der dichroskopischen[7] Lupe, wahrzunehmen. Reguläre Krystalle und amorphe Mineralien zeigen die Erscheinung nie.

Fluorescenz. — Nicht zu verwechseln damit[8] ist die Fluorescenz; die Farbe eines fluorescierenden Körpers erscheint anders, wenn man durch ihn hindurchsieht (also im durchfallenden Licht), als wenn man auf ihn hinsieht (in dem aus seinem Inneren zurückgeworfenen Licht). An Flussspat,[9] Bernstein, Petroleum kann man diese Erscheinung manchmal beobachten.

Specifisches Gewicht. — Zur Bestimmung und Charakterisierung der Mineralien wird ihr specifisches Gewicht mit grossem Vorteil verwertet, weil es für ein Mineral immer einen bestimmten Wert hat und verhältnismässig leicht ermittelt werden kann. Das specifische Gewicht eines Körpers gibt an, wie vielmal dieser schwerer ist, als ein gleich grosses Volumen Wasser. Da man einem Krystall nicht jedes beliebige Volumen geben kann, muss man sein Volumen bestimmen. Diese Bestimmung gründet sich darauf, dass ein Körper in Wasser getaucht ein seinem Volumen gleiches Volumen Wasser verdrängt, oder, dass er in Wasser getaucht soviel an Gewicht verliert, als das Volumen Wasser, welches er verdrängt, wiegt. Hiernach hat man zwei Methoden, das specifische Gewicht eines Körpers zu bestimmen, entweder misst oder wiegt man das Volumen des verdrängten Wassers (hierzu gehört ein Pyknometer[1] und eine Wage), oder man ermittelt den Gewichtsverlust, den der Krystall im Wasser erleidet (hierzu dient die hydrostatische Wage[2]). Hieraus und aus dem absoluten Gewicht des Körpers findet man sein specifisches Gewicht, indem man das absolute Gewicht durch den Gewichtsverlust dividiert.

Wiegt z. B. ein Stück Bergkrystall in Luft 3.84 gr, in Wasser 2.39 gr, so beträgt der Gewichtsverlust 1.45 gr und das specifische Gewicht ist $\frac{3.84}{1.45} = 2.65$.

Das specifische Gewicht (abgekürzt G.) der nichtmetallischen Mineralien liegt zwischen 2 und 5, bei den meisten unter 3, das der meisten metallischen zwischen 4 und 8, das der gediegenen[3] Metalle zwischen 8 und 23. Einschlüsse und beginnende Verwitterung ändern den Wert des specifischen Gewichts. So ist für klaren Quarz (Bergkrystall) G. = 2.65, für trüben, oft Einschlüsse enthaltenden Quarz G. = 2.5–2.8.

VI.

Die chemischen Eigenschaften der Mineralien.

Die Substanz der Mineralien wird von den chemischen Elementen gebildet; sie besteht entweder nur aus einem einzigen Element, man sagt dann, das Element komme im gediegenen Zustand vor — oder sie besteht aus mehreren Elementen, die nach den Gesetzen, welche die Chemie uns lehrt, zu chemischen Verbindungen vereinigt sind.

Formel. — Diese Gesetze gestatten uns, die Zusammensetzung der Mineralien, wie überhaupt der chemischen Verbindungen, durch eine einfache Formel auszudrücken, die nicht nur angiebt, welche Elemente in dem Mineral enthalten sind, sondern auch in welchem Verhältnis sie an der Zusammensetzung teilnehmen. Um eine kurze Formel zu erhalten, schreibt man die Namen der Elemente in der Formel nicht aus, sondern setzt nur den Anfangsbuchstaben ihres gewöhnlichen oder lateinischen Namens (s. folgende Tabelle); zugleich drückt dieses Zeichen noch etwas anderes aus: nämlich das Gewicht, mit welchem das kleinste Teilchen (ein Atom) des Elementes in Verbindungen eintritt; dieses Gewicht (das Atomgewicht) ist nämlich nicht beliebig, sondern hat für jedes Element einen bestimmten Wert. Am geringsten ist es bei Wasserstoff, und man setzt daher dessen Atomgewicht = 1. Die Atomgewichte der anderen Elemente geben an, wie vielmal schwerer eines ihrer kleinsten Teilchen (Atome) ist, als ein solches von Wasserstoff. Die Zeichen der wichtigsten Elemente und ihre abgerundeten Atomgewichte sind die folgenden:

	Chem. Zeichen	Atom-gew.		Chem. Zeichen	Atom-gew.
1. Aluminium	Al	27	4. Baryum	Ba	137
2. Antimon	Sb	120	5. Beryllium	Be	9
3. Arsen	As	75	6. Blei	Pb	207

	Chem. Zeichen	Atom-gew.		Chem. Zeichen	Atom-gew.
7. Bor	B	11	31. Palladium	Pd	107
8. Brom	Br	80	32. Phosphor	P	31
9. Cäsium	Cs	133	33. Platin	Pt	195
10. Cadmium	Cd	112	34. Quecksilber	Hg	200
11. Calcium	Ca	40	35. Sauerstoff	O	16
12. Cer	Ce	140	36. Schwefel	S	32
13. Chlor	Cl	35.5	37. Selen	Se	79
14. Chrom	Cr	52	38. Silber	Ag	108
15. Eisen	Fe	56	39. Silicium	Si	28.4
16. Fluor	Fl	19	40. Stickstoff	N	14
17. Gold	Au	197	41. Strontium	Sr	87.5
18. Iridium	Ir	193	42. Tantal	Ta	183
19. Jod	J	127	43. Tellur	Te	125
20. Kalium	K	39	44. Thallium	Tl	204
21. Kobalt	Co	59	45. Titan	Ti	48
22. Kohlenstoff	C	12	46. Uran	U	239
23. Kupfer	Cu	63.3	47. Vanadin	Vd	51
24. Lithium	Li	7	48. Wasserstoff	H	1
25. Magnesium	Mg	24.4	49. Wismuth	Bi	208
26. Mangan	Mn	55	50. Wolfram	W	184
27. Molybdän	Mo	96	51. Yttrium	Y	89
28. Natrium	Na	23	52. Zink	Zn	65
29. Nickel	Ni	58.5	53. Zinn	Sn	118
30. Niobium	Nb	94	54. Zirkonium	Zr	91

Durch diese Zeichen wird in der angedeuteten Weise die Zusammensetzung der Verbindungen ausgedrückt. So bedeutet die Formel für Steinsalz $NaCl$: die Verbindung besteht aus einem Atom Natrium und einem Atom Chlor, und 23 Gewichtsteile Natrium sind mit 35.5 Gewichtsteilen Chlor verbunden. Die Formel $CaFl_2$ drückt aus: die Verbindung (Flussspat) besteht aus einem Atom Calcium und zwei Atomen Fluor, und 40 Gewichtsteile Calcium sind mit $2 \times 19 = 38$ Gewichtsteilen Fluor verbunden. Die Formel $CaCO_3$ bedeutet: die Verbindung (Kalkspat) besteht aus einem Atom Calcium, einem Atom Kohlenstoff und drei Atomen Sauerstoff, und 40 Gewichtsteile Calcium sind mit

12 Gewichtsteilen Kohlenstoff und $3 \times 16 = 48$ Gewichtsteilen Sauerstoff verbunden.

Um die Formel für eine Verbindung aufstellen zu können, hat man zu bestimmen, welche Gewichtsmenge von jedem einzelnen Element in einer bestimmten Gewichtsmenge (in 100 Gewichtsteilen) der Verbindung enthalten ist. Diese Zahlen dividiert durch die Atomgewichte der Elemente geben an, in welchem Verhältnis die Atome der einzelnen Elemente in der Verbindung vereinigt sind; die Aneinanderreihung der einfachsten Verhältniszahlen und der Zeichen für die Elemente stellt die Formel dar.

Bestimmung der Bestandteile. — Die chemische Zusammensetzung eines Minerals wird durch Analyse ermittelt und zwar werden durch die qualitative Analyse die Elemente bestimmt, die im Mineral vorhanden sind, während durch die quantitative Analyse das Mengenverhältnis dieser Elemente festgestellt wird. Mit den Bestimmungsmethoden macht uns die analytische Chemie bekannt, wir können hier nicht darauf eingehen. Diese Methoden müssen immer dann zur Anwendung kommen, wenn die Zusammensetzung eines bis dahin unbekannten Minerals ermittelt werden soll. Soll dagegen ein Mineral bestimmt werden, das einer schon bekannten Species angehört, so ist es nur selten nötig, es einer qualitativen und quantitativen Analyse zu unterwerfen. Die meisten Mineralien lassen sich nach ihren äusseren Eigenschaften, wie Härte, Farbe, Glanz, Strich, Spaltbarkeit soweit bestimmen, dass nur noch zwischen wenigen ähnlich aussehenden die Wahl bleibt; die Entscheidung geben alsdann einige einfache Versuche. Man versucht, ob das Mineral in Wasser löslich ist, ob es von Säuren zersetzt wird, ob es hierbei Gas entwickelt und aufbraust,[1] ob dünne Splitter sich schmelzen lassen, ob sie leicht oder schwer schmelzen, ob ein Körnchen, das in einem unten zugeschmolzenen Glasröhrchen erhitzt wird, Wasser verliert oder

ob es hierbei seine Farbe verändert u. s. w. Viele andere einfache Versuche lassen sich mit Hilfe eines Lötrohrs[1] anstellen, auf die wir hier aber nicht weiter eingehen können.

Dimorphismus.[2] — Bisweilen findet man, dass dieselbe chemische Verbindung oder auch dasselbe Element in verschiedener Form und mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften krystallisiert; man nennt diese Erscheinung D i m o r p h i s m u s oder Dimorphie, eine solche Substanz d i m o r p h. Das bekannteste Beispiel ist wohl der kohlensaure Kalk ($CaCO_3$), der hexagonal-rhomboëdrisch krystallisiert und dann Kalkspat heisst, der aber auch rhombisch krystallisiert und dann Aragonit[3] genannt wird; während Kalkspat sehr leicht nach den Rhomboëderflächen spaltet, besitzt Aragonit keine deutliche Spaltbarkeit. Kohlenstoff ist regulär, durchsichtig, hart als Diamant; monoklin, undurchsichtig, weich als Graphit. Hier sieht man besonders deutlich, dass die Verschiedenheit sich nicht allein auf die Form, sondern auch auf die physikalischen Eigenschaften erstreckt. Bisweilen kann eine Substanz nicht nur in zwei, sondern in mehreren verschiedenen Formen (die man auch als ihre verschiedenen Modifikationen bezeichnet) vorkommen, die Erscheinung wird dann wohl auch P o l y m o r p h i e[4] genannt.

Kommen die verschiedenen Modifikationen einer dimorphen Substanz in der Natur als Mineralien vor, so bekommt jede einen besonderen Namen, z. B. Kohlenstoff C regulär: Diamant, monoklin: Graphit. Schwefeleisen FeS_2 regulär: Schwefelkies, rhombisch: Markasit.[5] Kohlensaurer Kalk $CaCO_3$ hexagonal: Kalkspat, rhombisch: Aragonit. Titansäure TiO_2 zwei quadratische Modifikationen: Rutil[6] und Anatas, eine rhombische: Brookit.

Kommt aber nur eine Modifikation in der Natur vor und ist die andere nur künstlich darzustellen, so pflegt man sie nicht durch besonderen Namen zu unterscheiden. Der

natürliche Schwefel ist z. B. rhombisch, der aus Schmelzfluss erstarrte monoklin; in der Natur findet sich nur rhombischer Schwefel und alle Modifikationen heissen Schwefel.

Unter Isomorphismus[1] dagegen versteht man die Erscheinung, dass verschiedene Mineralien eine analoge chemische Zusammensetzung und zugleich ähnliche Krystallform besitzen. Z. B. sind Magnesit $MgCo_3$ und Eisenspath $FeCo_3$ isomorph, da sie analoge Zusammensetzung haben und beide in ähnlichen Rhomboëdern krystallisieren. Isomorphe Substanzen besitzen die weitere Eigentümlichkeit, dass sie gleichzeitig an der Zusammensetzung eines Krystalls teilnehmen können, so dass die eine Substanz eine entsprechende Menge der andern vertritt; in Eisenspat z. B. wird ein Teil des Eisens oft durch Magnesium vertreten; derartige isomorphe Mischungen sind unter den Mineralien ausserordentlich häufig. Seltner findet man in der Natur isomorphe Fortwachsungen, die dadurch entstehen, dass eine Substanz über den Krystallen einer andern mit ihr isomorphen Substanz weiter wächst; künstlich kann man sie mit Alaun erzielen, indem man z. B. farblosen Kalialaun über violetten Chromalaun[2] krystallisieren lässt. Die Mineralien, die mit einander isomorph sind, bilden eine isomorphe Reihe; enthalten zwei solcher Reihen ein Mineral, dessen Substanz dimorph ist, so nennt man sie isodimorphe Reihen.

Enstehung der Mineralien. — Die Mineralien, die wir gern für ewig und unveränderlich halten, sind vergänglich wie Tier und Pflanze, sie sind einstmals entstanden und gewachsen, altern später, verwittern und vergehen und aus ihrer Substanz gehen neue Generationen, neue Mineralien hervor. Die Mineralien bilden sich auf verschiedenem Weg, den wir nur selten ganz verfolgen können. Viele sind aus einem Schmelzfluss fest geworden, einige aus Dämpfen niedergeschlagen, die meisten sind aus wässrigen Lösungen

abgesetzt. In den Lavaströmen, die in glühendflüssigem Zustand aus den Vulkanen hervorbrechen, bilden sich vielerlei Mineralien (Feldspat,[1] Leucit, Augit, Olivin, Magneteisen u. a.), die Dämpfe, welche bei vulkanischen Ausbrüchen der Tiefe entströmen, scheiden an der Oberfläche feste Produkte ab (Schwefel, Steinsalz, Eisenglanz) und das überall auf der Erde verbreitete Wasser vermag Substanzen zu lösen und an andern Orten wieder abzusetzen. Die grösste Lösung auf der Erde ist das Meer, das namentlich Kochsalz, aber auch viele andere Bestandteile gelöst enthält; aus ihm haben sich die mächtigen Lager von Steinsalz mit den Abraumsalzen,[2] Anhydrit, Gips und Kalkstein abgeschieden. Aber auch in der festen Erdkruste bewegt sich auf Spalten und Klüften das Wasser, das als Regen die Oberfläche benetzte und in die Tiefe gedrungen ist. Hier kann es sich mit den vielen verschiedenen Stoffen beladen, die wir in den Quellen, dem Bitterwasser,[3] dem Schwefel- und Eisenwasser und andern antreffen. Die Stoffe werden an andern Orten wieder abgesetzt, indem entweder das Wasser, das sie gelöst enthielt, verdunstet, so sind z. B. die Gipskrystalle in den Gipshöhlen entstanden, oder indem in den vielverzweigten Klüften Gewässer mit verschiedenartigen Bestandteilen zusammentreffen, aus denen neue schwer lösliche Verbindungen sich bilden. So kann unlöslicher Schwerspat ($BaSO_4$) sich bilden, wenn ein Wasser, das etwa kohlensaures Baryum oder Chlorbaryum enthält, mit einem andern, das Gips, also schwefelsaures Calcium gelöst mit sich führt, in den Klüften zusammentrifft; die verschiedenartigen Bestandteile vereinigen sich so, dass aus ihnen die am schwersten lösliche Verbindung entsteht, in unserem Beispiel ist dies das schwefelsaure Baryum, der Schwerspat.

Verwitterung. — Das Wasser, welches als Regen auf die Erde fällt, nimmt aus der Luft und dem Erdboden Sauer-

stoff, Kohlensäure und andere Bestandteile auf, sickert mit diesen beladen in die Tiefe und kommt hier mit den Mineralien in Berührung. Während nun reines Wasser auf die meisten Mineralien keine besondere Wirkung ausübt, besitzt ein derartiges Wasser ganz andere Kräfte, es vermag im Laufe der Zeit auch die widerstandsfähigsten Mineralien zu lösen und zu zerstören und führt mit Sicherheit deren Verwitterung herbei. Sie verlieren ihren Glanz und oft ihre Farbe, werden matt, rauh, zerreiblich[1] und zerfallen schliesslich zu Grus,[2] wenn sie nicht vollständig vom Wasser gelöst und fortgeführt werden. Das Wasser nimmt aus den verwitterten Mineralien weitere Bestandteile auf, es trifft auf seinem Weg in der Erde mit Wasser, das von andern Mineralien andere Bestandteile aufgenommen hat, zusammen und die gelösten Stoffe vereinigen sich zu neuen Körpern, zu frischen Mineralien, die ihrerseits wiederum der Verwitterung anheim fallen. So herrscht im Innern der Erde ein ununterbrochenes Werden[3] und Vergehen der unorganischen Mineralien, vergleichbar dem Werden und Vergehen der organischen Geschöpfe auf der Erde.

Pseudomorphosen.[4]— Geht die Verwitterung von Krystallen sehr langsam vor sich und wird die fortgeführte Substanz sogleich durch neu sich bildende ersetzt, so kann es vorkommen, dass die Form des ursprünglichen Minerals erhalten bleibt, während eine fremde Substanz sie jetzt ausfüllt. Solche Gebilde nennt man Pseudomorphosen; die Substanz, die die Form ausfüllt, würde für sich in einer ganz andern Form krystallisieren, sie hat ihre jetzige Form von der früheren Substanz übernommen, nachdem sie diese allmählich verdrängt hat. Wie der Einsiedlerkrebs[5] das Muschelgehäuse nicht gebaut hat, in dem er jetzt wohnt, so hat auch die Substanz der Pseudomorphosen die Form, die sie jetzt ausfüllt, nicht gebildet. Wir können aber aus der Form die ursprüngliche Substanz wieder erkennen und aus

dem, was die Pseudomorphosen früher waren und was sie jetzt sind, zu ermitteln versuchen, wie sie es geworden sind. So bilden die Pseudomorphosen eine Schrift, die uns die Vorgänge, die tief im Schoss der Erde sich abgespielt haben, erklären kann, sobald wir sie richtig zu lesen und auszulegen verstehen.

Systematik. — Die Mineralien ordnen wir nach ihrer chemischen Zusammensetzung; die, welche hiernach zusammengehören, werden in eine Klasse zusammengefasst und innerhalb dieser nach ihrer engeren Verwandtschaft in Gruppen geordnet.

Elemente.

A. *Reguläre, geschmeidige Metalle.*

Gold bildet kleine reguläre Krystalle, unter denen man Würfel, Oktaëder und Rhombendodekaëder am häufigsten beobachtet; öfters noch bildet es blech- oder drahtförmige[1] Gestalten oder unregelmässige Körner. Seine Farbe ist gelb und um so lichter, je mehr Silber es enthält, ganz silberfreies Gold kommt kaum vor; silberreiches, lichtes Gold heisst auch Elektrum. Immer ist das Gold frisch und glänzend. In Gegensatz zu andern gelben, metallglänzenden Mineralien (z. B. Schwefelkies) ist Gold weich ($H = 2\frac{1}{2}–3$), sehr geschmeidig[2] und schwer ($G = 16–19$) und hat hackigen Bruch. Gegen Säuren ist es sehr widerstandsfähig, indem es nur von Königswasser,[3] einem Gemisch von Salpetersäure und Salzsäure, gelöst wird.

Das Gold kommt auf seiner ursprünglichen Lagerstätte besonders in Quarz (der dann Goldquarz genannt wird) eingewachsen vor, seltener in vulkanischen Gesteinen. Die Gesteine verwittern, zerfallen zu Grus, der durch den Regen in die Bäche und Flüsse geschwemmt und in ihnen weiter

getrieben wird; der Grus wird hierdurch weiter zerrieben und das schwere Gold fällt zu Boden. So findet es sich jetzt in Form von Körnern und Blättchen in dem Geschiebe[1] vieler Flüsse (Rhein, Oder) oder in ausgedehnten Geröllablagerungen, die man als Goldseifen[2] bezeichnet; aus ihnen wird es durch Schwemmen und Waschen (Seifengold,[3] Waschgold) gewonnen, wobei es wegen seiner Schwere zurückbleibt. Das meiste Gold ist aus Seifen gewonnen worden. Es kommt hier manchmal in grossen Klumpen vor, die in seltenen Fällen sogar über einen Zentner schwer sind.

Die goldergiebigsten Länder sind Kalifornien (seit 1848), Australien (seit 1850) und Neuseeland (seit 1859); auch das asiatische Russland, Südafrika, Brasilien, Ungarn und Siebenbürgen[4] liefern Gold in erheblicher Menge.

Die Benutzung des Goldes zu Münzen und Schmucksachen ist bekannt; diese Gegenstände werden indessen nicht aus reinem Gold verfertigt, sondern aus einer Legierung[5] von Gold und Kupfer, weil reines Gold zu weich ist. Sehr viel Gold wird zum Vergolden, zum Malen von Porzellan und in der Photographie verbraucht.

Silber bildet Formen wie das Gold, ist besonders häufig draht-, baum- und moosförmig. Seine Farbe, ursprünglich weiss, ist in der Regel gelblich oder bräunlich, weil es an der Oberfläche durch Bildung von Schwefelsilber leicht anläuft.[6] Silber ist ungefähr ebenso hart wie Gold, nicht ebenso dehnbar und leichter ($G = 10–11$) und wird von allen stärkeren Säuren gelöst. Der Bruch ist hackig. Es findet sich besonders auf Erzgängen[7] in Deutschland am Harz,[8] im Erzgebirge; bei Kongsberg in Norwegen, am Schlangenberg im Altai; in Mexiko, in Nevada und Colorado und vielen andern Ländern. Im Gegensatz zu Gold ist Silber wesentlicher Bestandteil von vielen Mineralien und wird auch aus diesen — den Silbererzen (Rotgültigerz,[9]

Silberglanz u. a.) — in grossen Mengen gewonnen; auch Bleiglanz ist durch einen geringen Silbergehalt ein wichtiges Silbererz. Benutzung wie Gold.

Kupfer krystallisiert ebenso wie Gold und Silber, ist besonders häufig ästig.[1] Die Farbe ist kupferrot, wenn das Mineral frisch ist, sonst leicht durch Anlauffarben verdeckt. Härte und Dehnbarkeit ungefähr wie bei Silber, spec. Gewicht geringer, nämlich = $8._5$–9. Bruch hackig. Es verwittert leicht zu Rotkupfererz[2] und Malachit. Kupfer findet sich besonders reich im Ural,[3] am oberen See[4] in Nord-Amerika (hier in einem Melaphyr-Mandelstein[5]), in Chile, Peru, Australien, Südafrika. In Deutschland ist es bei Rheinbreitenbach am Rhein früher gefunden worden, sonst ist es selten. Das in Deutschland gewonnene Kupfer stammt aus Kupfererzen, besonders Kupferkies[6] und dem verschiedene Kupfererze führenden Kupferschiefer,[7] auf den besonders bei Mansfeld in der Provinz Sachsen seit alten Zeiten Bergbau getrieben wird. Kupfer wird zu Münzen und Gerätschaften, zu vielen Legierungen, namentlich Messing u. s. w. benutzt.

Platin kommt in Blättchen und Körnern, sehr selten in regulären Krystallen vor, ist metallglänzend, stahlgrau und sehr dehnbar. Härter als Silber (H = 5) und recht schwer (G = 17–18); enthält immer Eisen und kleine Mengen von Iridium,[8] Palladium, Osmium und andern seltenen Metallen. Reines Platin ist noch schwerer (G = 21) als das rohe und lässt sich in der Glühhitze schweissen[9] wie Eisen. Gegen Säuren ist es ebenso widerstandsfähig wie Gold. Es findet sich wie Gold in Seifen in Brasilien, auf Borneo, besonders aber im Ural. Wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen chemische Reagentien wird es zu chemischen Gerätschaften verwendet; früher wurden auch russische Münzen aus Platin geprägt. Seinem Wert nach steht es zwischen Gold und Silber.

Quecksilber[1] ist das einzige bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Metall, erst bei — 40° C. wird es fest. Es ist zinnweiss, stark metallglänzend und ziemlich schwer (G = 13.6). Giftig. Es findet sich in Form von kleinen Tröpfchen[2] auf Zinnober[3] bei Idria in Krain, Almaden in Spanien, Moschellandsberg in der bayerischen Pfalz, in Kalifornien u. s. w.; das meiste wird aus Zinnober gewonnen. Mit Silber bildet Quecksilber natürlichen Amalgam, ein silberweisses, glänzendes, regulär krystallisierendes Mineral. Quecksilber wird zur Herstellung von Thermometern und Barometern, von Spiegelbelag, reinem Zinnober u. s. w. benutzt.

Eisen kommt in gediegenem Zustand fast nur in den aus dem Himmelsraum auf die Erde gefallenen sogen. Meteoriten vor, die entweder zum grössten Teil aus Eisen bestehen, Meteoreisen, oder Eisen nur in geringer Menge enthalten, Meteorsteine; das meteorische Eisen ist durch einen Gehalt an Nickel,[4] oft auch Kobalt und Phosphor, ausgezeichnet. Eingelagerte Lamellen von Phosphornickeleisen treten durch Ätzen[5] mit Salpetersäure hervor, die sogen. Widmannstättenschen Figuren[6] bildend. Man hat Blöcke von Meteoreisen gefunden, die mehrere Zentner, ja sogar über 100 Zentner schwer sind.

B. *Metalloide.*

Diamant ist chemisch reiner Kohlenstoff, krystallisiert regulär, oft in schönen Oktaëdern, deren Kanten meist gekerbt[7] sind, öfters noch krystallisiert er mit krummen Flächen als Achtundvierzigflächner,[8] Pyramidenwürfel oder Würfel; flache, linsenförmig[9] gerundete Krystalle sind Zwillinge[10] nach einer Oktaëderfläche. Diamant ist das härteste Mineral und härter als irgend ein anderer Körper, aber trotzdem leicht zu zerkleinern, da er spröd ist und

Spaltbarkeit nach den Flächen des Oktaëders besitzt. Im Altertum hielt man ihn für unzerstörbar und nannte ihn daher den unbezwingbaren. So erzählt Plinius in seiner Naturgeschichte, Diamant sei von unaussprechlicher Härte, auf dem Ambos mit einem Hammer geschlagen, stosse[1] er den Schlag so zurück, dass Hammer und Ambos in Stücke zerspringen. Ein Versuch würde uns zeigen, dass er einen solchen Angriff doch nicht aushalten kann, denn es ist gar nicht sehr schwer, Diamant zu feinem Pulver zu zerstossen. Diamant ist vollkommen farblos ('Steine vom ersten Wasser'), sehr häufig aber schwach gelblich (besonders der vom Kap),[2] grau oder grünlich; reine intensive Farben sind selten. Durchsichtig, oft auch trüb und fast undurchsichtig; sehr stark glänzend und stark lichtbrechend. Bei genügend starker Hitze kann Diamant vollständig verbrannt werden. $G = 3.5$. Er kommt hauptsächlich aus Indien (seit den ältesten Zeiten), Brasilien (seit 1727) und vom Kap (seit 1867), wird meist aus Geröllablagerungen, den Diamantseifen, am Kap auch aus einem eigentümlichen, wahrscheinlich vulkanischen Gestein gewonnen; auch in Meteoriten hat man in der neuesten Zeit Diamant gefunden. Der durchsichtige Diamant ist von jeher der geschätzteste Edelstein; die dickeren Krystalle werden in Brillantform,[3] die flacheren in Rosettenform[4] geschliffen, die Brillanten werden frei *à jour* gefasst und zeigen das lebhafteste Feuer, die Rosetten bekommen eine Unterlage (Folie) und sind bei gleicher Grösse weniger wertvoll als die Brillanten. Der Wert wird ausser nach Klarheit und Reinheit nach dem Gewicht geschätzt; als Gewicht dient das Karat, ungefähr gleich 0.2 Gramm. Die trüben Diamanten, die als D i a m a n t b o r t[5] in den Handel kommen, dienen zum Schneiden von Glas (wozu nur die mit krummen Kanten zu gebrauchen sind), oder gepulvert als Schleifmittel zum Schleifen von Diamant und andern harten Edelsteinen; scharfe Splitter

dienen als Schreibdiamant zum Schreiben auf Glas. Eine poröse, etwa wie Koks[1] aussehende Varietät, Carbonado[2] genannt, wird an Bohrmaschinen[3] zum Bohren in harten Gesteinen (Tunnel) benutzt; sie kommt hauptsächlich aus Brasilien.

Anthropologie.[1]

I.

Der Blutkreislauf.

1. Das Blut.

Das Blut ist eine tiefrotgefärbte, etwas dickflüssige[2] Masse von stets gleichbleibender Temperatur (36–38° C.). Es ist schwerer als Wasser (spec.[3] Gew. 1.06) und ist ein Gemisch von flüssigen und festen Teilen. Die flüssige Masse (Blutflüssigkeit oder Serum)[4] ist blass weingelb gefärbt. Beim Absterben des Bluts sondern[5] sich flüssige und feste Teile, die flüssigen oben, die etwas schwereren festen Teile unten; dort bilden sie den sog. Blutkuchen.[6] Dieser besteht aus einer bald nach dem Absterben aus dem Serum ausgeschiedenen gerinnenden[7] Masse, dem Faserstoff oder Fibrin, und schliesst die geformten Theile des lebenden Bluts, die Blutkörperchen,[8] in sich ein. Diese sind winzige, kreisförmige Scheibchen[9] von 0.007 mm Durchmesser und 0.002 mm Dicke, deren Rand und Mitte etwas verdickt sind. Ein Kubikcentimeter Blut enthält ihrer etwa 5 Millionen. Sie sind gallertartig[10] weich und dabei elastisch, so dass sie sich gelegentlich in lange Fäden ausziehen lassen, um nachher wieder in ihre Form zurückzukehren. Ein wesentlicher Bestandteil der Blutkörperchen ist der rote Farbstoff, das Hämoglobin[11]; das Blutserum enthält ausser sehr viel Wasser unter anderm noch Eiweisskörper,[12] Salze, auch Gase (Sauerstoff, Kohlensäure und wenig Stickstoff).

Ausser den roten Blutkörperchen enthält das Blut auch noch farblose Zellen, die etwas grösser sind als jene und

keine bestimmte Form haben, sondern nach Art gewisser niedrer Tiere, der Amöben,[1] dadurch ihre Form fortwährend unregelmässig ändern, dass ihre weiche Körpermasse weiterfliesst.[2] Ihre Bedeutung ist noch nicht klar erkannt. — Die ganze Blutmenge beträgt beim erwachsenen Menschen etwa $^1/_{13}$ des Körpergewichts. Der Mensch kann höchstens den Verlust der Hälfte seines Blutes ertragen.

Die Blutkörperchen gehen[3] nach einiger Zeit zu Grunde und müssen durch frischgebildete wieder ersetzt werden. Dieser Ersatz geschieht wahrscheinlich in der Leber, der Milz[4] und dem Knochenmark.

2. Das Herz.

Das Blut wird durch das Herz in steter Bewegung gehalten. Dieses ist ein aus Muskeln bestehender Sack von etwa kegelförmiger Gestalt; seine Spitze[5] hängt nach unten. Die grösste Länge beträgt etwa 15 cm, die grösste Breite (quer) 11 cm, die grösste Tiefe (von vorn nach hinten) 9 cm. Es liegt nicht genau in der Mittelebene der Brusthöhle,[6] sondern etwas nach links; auch steht seine Längsachse nicht senkrecht, sondern ist etwas[7] von hinten oben nach vorn unten geneigt.

Die Masse des Herzens ist ein sehr derber, quergestreifter[8] Muskel, der[9] jedoch dem Willen gänzlich entzogen ist. Seine Fasern bilden in teils netzartigen[10] Verzweigungen, teils spiraligen Zügen die Wand des Herzens. Dabei sind die Muskeln der Vorkammern[11] von denen der Herzkammern[12] ganz unabhängig, dagegen ziehen Muskelbündel[13] von der rechten nach der linken Herzhälfte.

Eine Längsscheidewand[14] teilt von vorn nach hinten den ganzen Herzraum in zwei Herzhälften. Von jeder Herzhälfte wird durch eine quere Scheidewand nochmals ein Raum abgetrennt; die so entstandenen vier Räume heissen

linke und rechte Herzkammer (Fig. 50 *a b*) [unten], und linke und rechte Vorkammer (Fig. 50 *c d*) [oben]. Eine seichte Furche[1] auf der äussern Fläche deutet die Lage der Längsscheidewand, wie auch eine ungefähr quer um das Herz laufende Rinne[2] die Grenze von Kammern und Vorkammern bezeichnet.

Die Längsscheidewand ist nicht durchbohrt, so dass zwischen den beiden Herzhälften keine Verbindung besteht. Dagegen hat jede Querscheidewand eine Öffnung und jeder Herzraum eine (oder auch zwei) solche nach aussen. Diese letztern liegen alle auf der obern Fläche des Herzens. Die vier Räume sind annähernd gleich gross, die beiden Vorkammern um ein geringes kleiner als die Herzkammern, dafür aber einer grössern Ausdehnung fähig. Die Wand der linken Herzkammer ist beträchtlich dicker als die der rechten: die von der linken Herzhälfte zu leistende[3] Arbeit ist die weitaus grössere.

Die Innenfläche der Herzräume ist nicht glatt. Die Muskelbündel, aus denen die Masse des Herzens besteht, springen leistenförmig[4] in das Herz vor, ragen wohl auch frei in dasselbe hinein. Man nennt sie die Fleischbalken[5] des Herzens.

Das ganze Herz steckt in einem häutigen[6] Sack, dem Herzbeutel.[7] Er ist unten am Zwerchfell[8] angewachsen und umschliesst das Herz nicht vollständig. Der Zwischenraum ist mit einer wässrigen Flüssigkeit ausgefüllt.

Die Sicherung des Blutstroms[9] gegen Rückstauungen geschieht durch die Ventile oder Herzklappen.[10] An den Öffnungen zwischen Vor- und Herzkammer findet sich in der rechten Herzhälfte eine dreizipflige,[11] in der linken eine zweizipflige Klappe, an den Ausgängen aus den beiden Herzkammern je drei halbmondförmige[12] Klappen. Die zwei- und dreizipfligen Klappen sind je zwei an den Querwänden zwischen Vor- und Herzkammer angewachsene

derbe Häute; sie sind so gross, dass ihre freien Ränder sich berühren. Von diesen gehen eine Anzahl fester Fäden in das Innere der Herzkammern und befestigen sich an den Fleischbalken der Wände. Die halbmondförmigen Klappen sind je drei häutige Säcke, die, ähnlich wie Schwalbennester, mit der Spitze nach unten an der Wand der jeweiligen[1] Arterie so angewachsen sind, dass sie sich mit ihren äussern, freien Rändern berühren, also den ganzen Raum ausfüllen können.

Die Bewegungen der Herzmuskeln treiben das Blut durch den Körper. Von der linken Herzkammer aus[2] wird der ganze Körper mit Ausnahme der Lungen durchspült.[3] Das von da zurückströmende Blut tritt durch die rechte Vorkammer in die rechte Herzkammer, die es in die Lunge befördert und durch diese[4] hindurchtreibt. Aus dieser kehrt es durch die linke Vorkammer wieder in die linke Herzkammer zurück, um von da aus seinen Kreislauf von neuem zu beginnen.

Diese Arbeit leistet das Herz durch regelmässige Zusammenziehungen,[5] Herzschläge. Die Vorgänge bei einem Herzschlag sind folgende: die beiden mit Blut gefüllten Vorkammern ziehen sich zusammen, ebenso die grossen in dieselben mündenden Gefässe, und pressen dadurch das Blut nach unten, in die leeren schlaffen[6] Herzkammern. Sobald diese gefüllt sind, ziehen sie sich auch zusammen, wodurch das Blut aus dem Herzen hinausgestossen wird. Darauf erschlaffen die Herzkammern wieder. Unterdessen, d. h. schon während der Zusammenziehung der Herzkammern, haben sich die Vorkammern durch einfaches Zuströmen von Blut aus den Venen[7] wieder mit Blut gefüllt, und das Spiel beginnt von neuem.

Während dieser Vorgänge sind die Herzklappen in ununterbrochener Thätigkeit. Das aus den Vorkammern in die Herzkammern einströmende Blut schiebt die beiden

zwei- und dreizipfligen Kappen zurück, sie[1] um ihre Anwachsstellen drehend[1] und füllt die Herzkammern. Bei der darauf folgenden Zusammenziehung der Herzkammern presst das Blut sie so zusammen, dass sie sich mit ihren Rändern fest an einander legen und dadurch die Öffnung nach der Vorkammer vollständig schliessen. Die von ihren Rändern ausgehenden Fäden sind jetzt straff gespannt[2] und verhindern, dass die Klappen sich[3] weiter als in die Ebene der Zwischenwand zurückschlagen.[3] Anders bei den halbmondförmigen Klappen: der aus den Herzkammern herausschiessende Blutstrom drückt sie platt an die Wand, so dass der Weg für das Blut frei wird. Nach dem Stoss, mit dem die Herzkammer das Blut hinauspresst, sinkt ein Teil desselben wieder nach unten zurück und füllt dadurch die drei Taschen. Diese legen sich jetzt mit ihren äussern Wänden fest an einander und schliessen dadurch den Durchgang zurück[4] in die Herzkammer. Der nächste Herzstoss legt die Klappen wieder an die Wand.

Die Blutmenge, die während eines Herzschlags durch das Herz hindurchgepumpt wird, beträgt etwa 150–190 ccm,[5] die Häufigkeit der Herzschläge im Mittel 72 in der Minute. Die Arbeit des ganzen Herzens während 24 Stunden wird zu etwa 75,000 kg berechnet, also gleich der Arbeit, die erforderlich ist, 75,000 kg 1 m hoch zu heben: dies ist eine der Wärmequellen des Körpers, da diese gesamte Arbeit durch Reibung des Bluts in den Blutgefässen in Wärme verwandelt wird.

Die Bewegungen des Herzens (Puls) werden durch starke Muskelthätigkeit, durch Wärme, durch mancherlei Gemütsbewegungen und durch Schmerzempfindungen beschleunigt.

3. Die Blutgefässe.[6]

Die Röhren, in denen das Blut fliesst, sind aus Haut, von sehr verschiedener Weite, sehr verschiedener Wand-

stärke und Elasticität. Solche, die das Blut vom Herzen wegführen, heissen Arterien (Fig. 50 *e h*); in den Venen (Fig. 50 *g f*) fliesst das Blut zum Herz zurück. Die Arterien verzweigen sich mehr und mehr und lösen sich zuletzt in feinste Gefässe, die Haargefässe[1] oder Kapillaren (Fig. 50 *i k*) auf. Diese bilden in vielfachen Schleifen[2] ein sehr stark verzweigtes Netzwerk und vereinigen sich dann wieder zu kleinen Venen, die nach und nach zu grösseren Stämmchen[3] und zuletzt zu den beiden grossen Körpervenen[4] zusammenlaufen. Von den Kapillaren aus findet die Arbeit des Bluts, der Umtausch der Stoffe statt, sie sind also das Hauptstück des ganzen Blutsystems, das Herz hat nur den Zweck, das Blut an seine Arbeitsstellen,[5] die Kapillaren, hinzutreiben. Man bezeichnet also wohl richtiger als Arterien solche Gefässe, die das Blut zu einem Kapillarnetz hin-, als Venen die Gefässe, die es aus einem Kapillarnetz wegführen.

Die Arterien sind dickwandig,[6] elastisch, reich mit Muskelbündeln versehen und hellgefärbt. Die Venen sind dünnwandig, stets weiter als die entsprechenden[7] Arterien und viel ärmer an Muskelfasern. Sie sind dunkelgefärbt und vielfach mit Klappen ausgestattet. Die Kapillaren sind sehr eng, ihre Weite schwankt[8] zwischen 0.005 mm und 0.02 mm. Sie teilen sich vielfach, ohne enger zu werden. Ihre Wände sind entsprechend[9] dünn.

Ausser der Kranzarterie[10] und der Kranzvene, welche die Herzmuskeln mit Blut versorgen, entspringen oder endigen am Herzen acht grosse Gefässe. Aus der linken Herzkammer kommt die Aorta[11] oder Körperarterie (Fig. 50 *e*), die sich in einem Bogen über das Herz herüberschlagend[12] an die Wirbelsäule[13] zieht; am Bogen giebt sie die Gefässe für Kopf, Hals und Arme ab; der Wirbelsäule entlang wendet sie sich nach unten, um von dort aus auch noch Brust, Bauch und Beine mit Blut zu

versorgen. Aus der rechten Herzkammer entspringt die Lungenarterie[1] (Fig. 50 *h*), die sich bald in zwei Äste gabelt,[2] je einen für jeden Lungenflügel.[3] In die linke Vorkammer münden die zwei Hohlvenen[4] (Fig. 50 *f*), die obere und die untere, von denen die erste das Blut aus Kopf, Hals und den Armen, die letztere aus dem ganzen übrigen Körper sammelt. Vier Gefässe endlich bringen als Lungenvenen[5] (Fig. 50 *g*) das Blut aus der Lunge in die linke Vorkammer, zwei kommen aus dem rechten, zwei aus dem linken Lungenflügel. — Bei der Anordnung dieser Gefässe finden sich mannigfache Abweichungen von der sonst innegehaltenen[6] Symmetrie des Körpers.

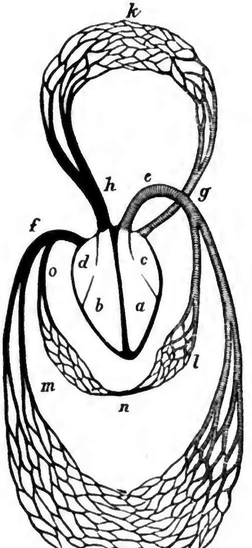


Fig. 50.

Schema für den Kreislauf des Bluts. *a* linke, *b* rechte Herzkammer, *c* linke, *d* rechte Vorkammer, *e* Körperarterie, *f* Körpervene, *g* Lungenvene, *h* Lungenarterie; Haargefässnetze *i* des Körpers, *k* der Lunge, *l* der Eingeweide, *m* der Leber; *n* Pfortader, *o* Lebervene.

Einen besonderen Verlauf nimmt noch das Blut der Baucheingeweide[7] (Fig. 50 *l*). Dasselbe stammt aus dem absteigenden Ast[8] der Aorta. Aus den Kapillaren des Darms[9] u. s. w. sammelt es sich erst in einem starken Gefäss, der Pfortader[10] (Fig. 50 *n*), die in die Leber eintritt und sich dort nochmals in ein Kapillarnetz auflöst. Dort scheidet das Blut die Galle[11] aus, sammelt sich wieder in der Lebervene[12] (Fig. 50 *o*) und tritt jetzt, nachdem es durch zwei Kapillarnetze durchgegangen ist, in die untere Hohlvene ein.

Sämtliche Gefässe haben, abgesehen von einer geringen Elasticität, die Fähigkeit, sich vermittelst ihrer Muskelfasern zu verengern [1] und so ihre Weite der durchströmenden Blutmenge sehr vollkommen anzupassen.[2] Die Arterien besitzen diese Eigenschaft in höherem Grad als die Venen, bei allen aber wird dadurch die Arbeit des Herzens in hohem Mass unterstützt, d. h. das Blut im Sinn [3] des Blutstroms weiter gedrängt. In den Arterien fliesst das Blut ruck-[4] und stossweise; die vom Herzen ausgehenden Stösse schieben das Blut in die Kapillaren hinein; dort aber bricht[5] sich der Stoss, so dass das Blut in gleichmässigem Strom die Haargefässe verlässt und ebenso in den Venen weiterfliesst. Von jetzt ab treibt nicht mehr die Kraft des Herzstosses das Blut vorwärts, sondern in den abwärts laufenden[6] Venen die Schwere des Bluts, in allen der Druck und die Bewegungen der Muskeln und in erster Linie[7] die Saugkraft des Brustkorbs. Beim Einatmen wird der Brustraum erweitert und der Druck darin vermindert. Dadurch wird das Venenblut in den Brustkorb hineingepresst. Das Rückströmen[8] des in den Venen befindlichen Bluts wird durch zahlreiche an den verschiedensten Stellen angebrachte Klappen verhindert, die ähnlich gebaut sind, wie die halbmondförmigen Klappen des Herzens.

Die Kapillaren endlich sind so eng, dass in ihnen nur eine einfache Reihe von Blutkörpern sich bewegen kann, und diese sich häufig, besonders an den Teilungsstellen der Gefässe, in die Länge[9] ziehen oder biegen müssen. Später nehmen sie die frühere Form wieder an.

Die Geschwindigkeit des Blutstroms ist nach Zeit, nach Art und Ort des Gefässes verschieden, am grössten natürlich im Anfang von Aorta und Lungenarterie, am kleinsten in den Kapillaren. Zum einmaligen[10] Durchlaufen des ganzen Kreislaufs würde ein Blutkörperchen 27 Herzstösse oder etwa 23 Sekunden brauchen.

4. Die Lymphe.

Durch den arteriellen Blutdruck wird das Blut durch die Wände der Kapillaren in die umgebenden Gewebe[1] hinein-gepresst, spült[2] dort die verbrauchten Stoffe weg[2] und lässt als Ersatz neues Material zurück. Die danach noch übrig gebliebene Blutflüssigkeit heisst jetzt Lymphe. Sie ist eine klare Flüssigkeit, die sich wieder in vielen feinen Gefässchen, den Lymphgefässen,[3] sammelt. Diese entspringen im ganzen Körper, vereinigen sich genau[4] wie die Venen zu kleineren und dann grösseren Stämmchen, die in der Nähe der Venen verlaufen,[5] sie vielfach begleiten und endlich in den Brustraum eintreten. In der Bauchhöhle[6] nehmen die Lymphgefässe die vom Darm herkommenden Chylusgefässe[7] auf. Nachdem die Lymphe durch verschiedene Lymphdrüsen[8] durchgeflossen ist (auch das Knochenmark) und sich dort mit den Lymphkörperchen beladen hat (Körperchen von derselben Grösse, Farbe und Beweglichkeit wie die weissen Blutkörperchen), sammelt sie sich aus der ganzen unteren Körperhälfte, dem linken Teil des Brustraumes und der linken Kopfhälfte in einem grossen Gefäss, das in die rechte Schlüsselbeinvene[9] mündet. In die linke Schlüsselbeinvene ergiesst sich die Lymphe aus der rechten Brust- und Kopfhälfte.

Während der vom Darm herkommende Darmsaft, der Chylus,[10] nur zur Zeit der Verdauung fliesst, in der übrigen Zeit aber die Chylusgefässe leer sind, geht die Bewegung der Lymphe ohne Unterbrechung vor sich, wenn auch nicht gleichmässig. Die Lymphe fliesst um so stärker aus irgend einem Organ, je mehr dasselbe thätig ist, je mehr es also vom Blut durchspült wird. Alles, was also den Blutzufluss[11] vermehrt oder den Blutdruck erhöht, steigert auch die Absonderung[12] der Lymphe. — Der Lymphstrom bewegt sich viel langsamer als der Blutstrom.

5. Die Atmung.[1]

Der Teil der Ernährung, bei welchem gasartige Körper ausgetauscht werden, heisst Atmung. Dabei handelt es

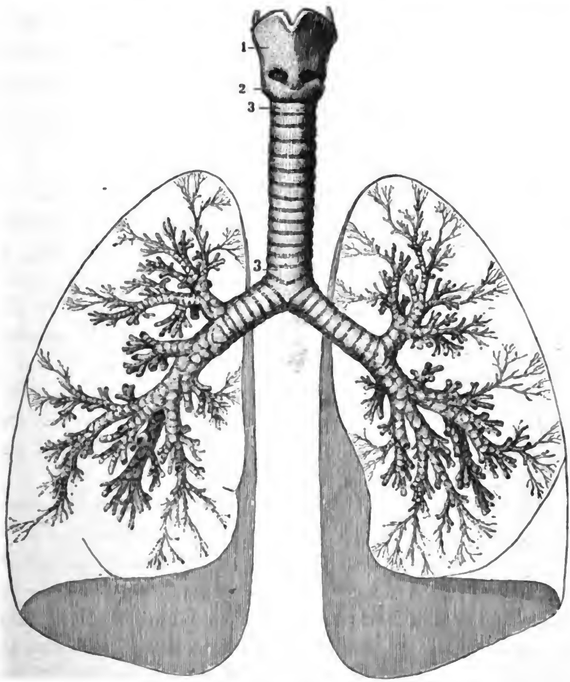


Fig. 51.

1. Schildförmige[2] Knorpel des Kehlkopfs. 2. Ringähnliche[3] Knorpel des Kehlkopfs. 3. Luftröhre.[4]

sich fast ausschliesslich um Aufnahme[5] von Sauerstoff und Abgabe[6] von Kohlensäure. Ein kleiner Teil dieses Gaswechsels geschieht durch die Haut, der grösste durch

die Lunge. Dorthin gelangt die Luft durch Mund- oder Nasenhöhle,[1] Kehlkopf und Luftröhre.

Die Luftröhre ist ein stets offenes Rohr von etwa 12 cm Länge, bei einer lichten Weite von 20 mm von rechts nach links und 12–15 mm von vorn nach hinten. Ihr oberes Ende in der Gegend des fünften Halswirbels[2] ist der Kehlkopf, unten, in der Gegend des fünften Brustwirbels[3] gabelt sie sich in zwei Äste, die sofort in die beiden Lungenflügel[4] eintreten (Fig. 51, 3). Ihre Wand, deren innere Schichte Schleimhaut[5] ist, wird von 18–20 C förmigen Knorpeln[6] gestützt, deren offene Seite nach hinten gekehrt ist. Die Höhe der einzelnen Knorpelstücke ist 4 mm, ihre Dicke 2 mm. Elastische Bandmasse[7] verbindet die Knorpelstücke und bildet die hintere Wand der Luftröhre. So ist diese eine offene, steife, aber doch auch elastische Röhre, die bei starkem inneren Druck (Husten) sich erweitern, auch beim Schlucken,[8] Sprechen, wie bei manchen Kopfbewegungen in der Längsrichtung[9] ihre Grösse ändern kann. Mit ihrer Umgebung ist sie nur durch loses Bindegewebe[10] verwachsen, so dass sie (beim Schlucken u. s. w.) sich leicht verschieben, auch seitlichem Druck leicht ausweichen kann.

Die Lunge besteht aus zwei nahezu gleichen, stumpf kegelförmigen Teilen, den beiden Lungenflügeln. Diese schliessen zwischen sich das Herz ein und füllen mit ihm die ganze Brusthöhle aus. Sie sind auf der Oberseite blassrot gefärbt, sehr weich und leicht und sehr elastisch. Im Innern zeigen sie ein schwammiges Gefüge[11] und sind äusserst reich an Blutgefässen. Ihr Gewicht beträgt trotz ihrer Grösse nicht viel über 1.25 kg. Die äussern Flächen legen[12] sich der Wand des Brustkorbs fest an[12] und wiederholen[13] die Wölbung desselben; die untere Fläche ist hohl,[14] sie liegt[15] der Wölbung des Zwerchfells an,[15] ebenso sind die innern dem Herzen zugekehrten Flächen hohl. Mehrere Einschnitte[16] teilen die Lungenflügel in einzelne Abschnitte,

die[1] Lungenlappen heissen, rechts in drei, links in zwei Lappen. Die äusserste Fläche der Lunge ist durch dunklere Linien in unregelmässige Felder[2] geteilt, die der Gruppierung der Lungenläppchen im Innern entsprechen.

Jeder Luftröhrenast[3] teilt sich bei seinem Eintritt in die Lunge in so viele Zweige, als der Flügel kleinere Abteilungen, Lungenläppchen besitzt. Diese Zweige teilen und gabeln sich weiter, bis die feinsten Äste etwa 0.2–0.3 mm weit

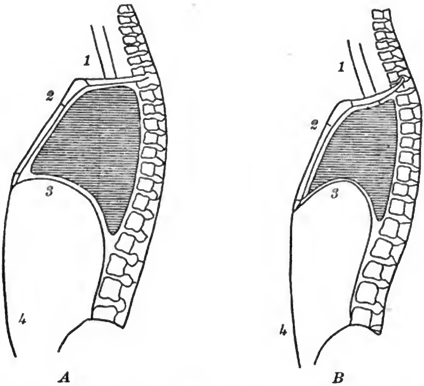


Fig. 52.

A. Einatmung. B. Ausatmung. 1. Luftröhre. 2. Brustbein. 3. Zwerchfell.

geworden sind. Die gröbern Äste sind noch mit Knorpelringen[4] ausgestattet, die feinern Zweige haben in ihrer Wand nur noch vereinzelte Knorpelplättchen,[5] dann verschwinden auch diese, die Röhrchen bestehen bloss noch aus elastischer Haut. Die letzten Verzweigungen sind an den Seiten und am Ende mit traubenförmigen[6] Gruppen von kolbigen Ausstülpungen[7] aus sehr dünner Haut besetzt, den Lungenbläschen,[8] die nach den Luftröhrenästchen offen sind. Häufig verschwinden auch die Wände benach-

barter Bläschen, so dass oft unregelmässig gestaltete Räume entstehen. Der Innenraum der Lunge erhält so eine sehr grosse Flächenausdehnung. Die Wand der Bläschen ist von einem ausserordentlich dichten Netz von Haargefässen umsponnen.[1] Die Zahl der Lungenbläschen wird auf 1600 bis 1800 Millionen geschätzt.

Jeder Lungenflügel steckt, wie das Herz im Herzbeutel,[2] so auch in einem häutigen Sack, dem Brustfell.[3]

Der ganze Hohlraum der Lunge ist zur Aufnahme der Luft bestimmt. Das Aus- und Einströmen derselben heisst Atmen. Das Einatmen[4] wird dadurch bewirkt, dass der Brustkorb sich erweitert und zwar von oben nach unten durch Abflachen[5] des nach oben gewölbten Zwerchfells, von vorn nach hinten und von rechts nach links durch Hebung und Wölbung des Brustkorbs. In diesem erweiterten Brustraum wird die Spannung der Luft geringer; da aber die Oberfläche der Lunge luftdicht der Wand der Brusthöhle anliegt, auch infolge ihrer Elasticität jeder Formveränderung der Brusthöhle folgt, so muss[6] in den luftverdünnten Hohlraum der Lunge die äussere Luft einströmen. Das Ausatmen[7] geschieht ohne Muskelarbeit dadurch, dass die Last des gehobenen Brustkorbs sich senkt und das gespannte Zwerchfell sich wieder wölbt.[8] Beides zusammen presst auf die Lunge und treibt die Luft aus ihr heraus. Nur bei starkem Singen oder Schreien wird zum Auspressen der Luft auch Muskelarbeit verwandt. Bei dem ganzen Atemgeschäft sind also sämtliche Bewegungen der Lunge passiv. Eigenbewegungen kann sie nicht ausführen.

Bei einem tiefen Atemzug können etwa 4000 ccm Luft in die Lunge einströmen; aber auch beim tiefsten Ausatmen wird dieselbe nie leer, es bleiben immer etwa 1500–2000 ccm Luft darin, so dass also der Luftraum der Lunge im ganzen etwa 6000 ccm beträgt. Beim ruhigen Atmen vergrössert sich der Lungeninhalt um nur etwa 1/6. Die Zahl der Atem-

züge beträgt in der Minute etwa 18. Die Atembewegungen geschehen in der Regel ohne Zuthun[1] des Menschen, sind aber nicht so unwillkürlich, dass der Mensch das Atmen nicht kurze Zeit einstellen, beschleunigen oder verlangsamen könnte. Starke Muskelarbeit, seelische[2] Erregungen beschleunigen die Atembewegungen.

In der Mund- und Nasenhöhle wird die Luft erwärmt und vom Staub gereinigt, der an den feuchten Wänden haften bleibt.[3] In der Lunge selbst tritt sie nun in Beziehung zum Blut. Die Lungenarterie treibt das Blut, das im Körper Kohlensäure aufgenommen und sich infolge davon dunkel gefärbt hat (venöses Blut) in die Lungenkapillaren. Dort ist es von der Luft der Lungenbläschen nur durch zwei sehr dünne Hautschichten getrennt. Durch diese hindurch tritt nun die Kohlensäure aus dem Blut in das Lungenbläschen, und der Sauerstoff aus dem letztern in das Blut. Dieses wird dadurch wieder hell (arteriell).

Die atmosphärische Luft besteht, abgesehen von einer sehr wechselnden Menge von Wasserdampf auf 10,000 Raumteile, aus

7901	Teilen	Stickstoff,
2095	"	Sauerstoff,
4	"	Kohlensäure.

Die ausgeatmete Luft enthält, wiederum ohne die schwankende Menge Wasserdampf,

7942	Teile	Stickstoff,
1620	"	Sauerstoff,
438	"	Kohlensäure.

Von dem in der eingeatmeten Luft enthaltenen Sauerstoff behält also die Lunge etwa $^1/_5$ zurück und giebt dafür eine ähnliche Menge Kohlensäure ab. Im ganzen gelangen auf diesem Weg im Lauf eines Tages 700–750 g Sauerstoff in den Körper, 850–900 g Kohlensäure verlassen denselben.

Ausserdem giebt die Lunge ansehnliche Mengen Wasser ab. Der Stickstoff wird fast unverändert wieder ausgeschieden.

Unter innerer Atmung versteht man die Vorgänge, bei denen das Blut den Sauerstoff an den Körper abliefert und dafür Kohlensäure empfängt. Dieselben spielen[1] sich allenthalben im Körper in den Kapillaren der verschiedenen Gewebe und in diesen selbst ab.[1] Die innere Atmung ist auch die wichtigste Wärmequelle. Sie ist zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden stark; sie wird durch jede Art von Thätigkeit gesteigert, wie Nahrungsaufnahme, Muskelarbeit u. s. w.

II.

Das Auge.

Das Auge liegt in der Augenhöhle,[2] einem kegelförmigen Raum, der an seinem äussern Rand von Nasen-,[3] Stirn-, Jochbein und Oberkiefer, im Innern von Keil-,[4] Sieb- und Thränenbein begrenzt wird. Diese Umkapselung[5] des Auges, besonders deren äusserer Rand ist ein wirksamer Schutz gegen einen Schlag. Das Innere der Höhle wird[6] von einer Fettmasse ausgekleidet, in der der Augapfel[7] eingebettet liegt. Zwei Hautfalten[8] schützen das Auge von aussen, die beiden Augenlider[9]; von diesen ist das obere grösser und beweglicher als das untere. In ihren Rand sind dünne Knorpelstäbchen[10] eingelagert, die die Haut des Augenlids spannen; aussen ist er mit Wimpern[11] besetzt, borstenförmigen[12] Haaren, die von kleinen im Innern des Lids liegenden Drüsen eingefettet werden. Die Innenseite der Augenlider wird von Schleimhaut gebildet.

Die Augenlider schliessen die Augen beim Schlaf, bilden einen Schutz gegen einen Stoss und wischen durch ihre in kurzen Pausen wiederholten Bewegungen den aus der Luft auf das Auge sich ablagernden Staub weg.

An der obern Wand der Augenhöhle liegen die **Thränendrüsen**,[1] mehrere Gruppen von lappigen[2] Drüsen, deren grösste etwa 2.2 cm lang, 1.4 cm breit, dabei aber sehr dünn ist. Sie sondern[3] die Thränenflüssigkeit ab,[3] die der Haupt-

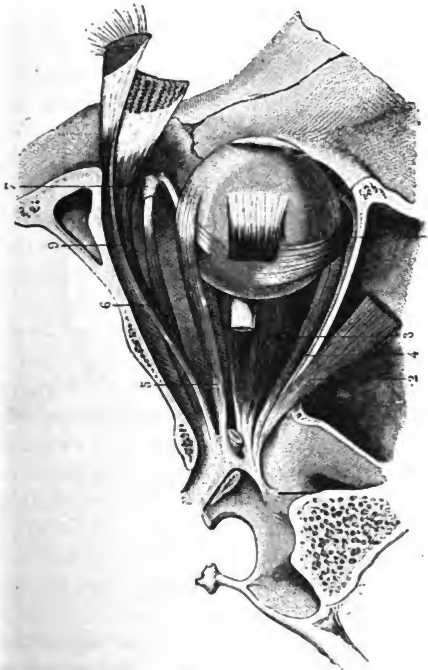


FIG. 53. — Der Augapfel in seiner Höhlung mit den ihn bewegenden Muskeln. Rechts sieht man das hervorragende Nasenbein mit einem Teil des Backenknochens; das Auge ruht auf dem letzteren. Durch die durchsichtige Hornhaut erblickt man schwach die Pupille. 2. Äusserer gerader Muskel, durchgeschnitten und umgebogen, um die Rückseite des Auges zu zeigen. 3. Innerer gerader Muskel. 4. Unterer gerader Muskel. 5. Oberer gerader Muskel. 6. Oberer schräger Muskel. 7, 8. Unterer schräger Muskel. 9. Hebemuskel des oberen Augenlides. Der Sehnerv erstreckt sich von der Rückseite des Auges als eine Sehne von beträchtlicher Grösse; ein Teil davon ist hier weggeschnitten.

sache nach aus Wasser und Salz besteht und bei offenem Auge unausgesetzt die vordere Augenwand bespült und warm hält und das leichte Reinhalten des Auges durch die Augenlider ermöglicht. Das abfliessende Wasser samt dem weggespülten Staub sammelt sich im innern Augenwinkel,[4]

wo es durch eine kleine Öffnung, den Thränenpunkt,[1] in eine feine Röhre, den Thränenkanal, und von da in die Nase geleitet wird. Jeder auf das Auge ausgeübte Reiz[2] (Berührung der Hornhaut[3] durch fremde Körper oder sehr kalte Luft, starker Lichtreiz, manchmal auch Übermüdung[4]) ruft die Thränen ins Auge.

Der Augapfel wird in seiner Höhle von drei Paar Muskeln bewegt. Zwei Paare treten vom Winkel der Augenhöhle in geradem Zug an das Auge, umfassen dasselbe von oben, unten, rechts und links und ziehen auch jeweils das Auge nach diesen Richtungen. Diese vier Muskeln heissen die vier geraden Augenmuskeln. Ein weiteres Paar setzt sich von oben und unten her seitwärts an den Augapfel und wirkt bei der Drehung des Auges nach aussen mit. Drehungen des Auges um die Sehaxe[5] kommen nicht vor.

Die[6] Bewegungsfähigkeit des Augapfels ist beschränkt. Jeder Muskel wirkt als Hemmungsband[6] des entgegengesetzten Muskels. Gewöhnlich aber werden Bewegungen des Augapfels von gleichgerichteten[7] Bewegungen des ganzen Kopfs begleitet. Beide Augen bewegen sich stets im selben Sinn,[8] d. h. so, dass beide stets den Blick auf denselben Punkt wenden. Störungen und Unregelmässigkeiten dabei bezeichnet man als Schielen.[9]

Drei Paar Nerven, die Augenbewegungsnerven, regieren die Bewegungen der Augenmuskeln; sie kommen unmittelbar aus dem Gehirn.

Die Schleimhaut der Augenlider überzieht als farblose durchsichtige Haut, Bindehaut,[10] die vordere Wand des Augapfels.

Der Augapfel ist ein annähernd kugelförmiges Gebilde, dessen Hohlraum von einer aus drei Schichten[11] bestehenden Wand begrenzt wird. Die äusserste Schichte ist eine bläulichweise, sehr feste und zähe Haut von ½–1½ mm

Dicke, die harte Augenhaut, Sclerotica.[1] Ihre vordere Wand wird in der Mitte von der kreisförmigen, stärker gewölbten und durchsichtigen Hornhaut gebildet.

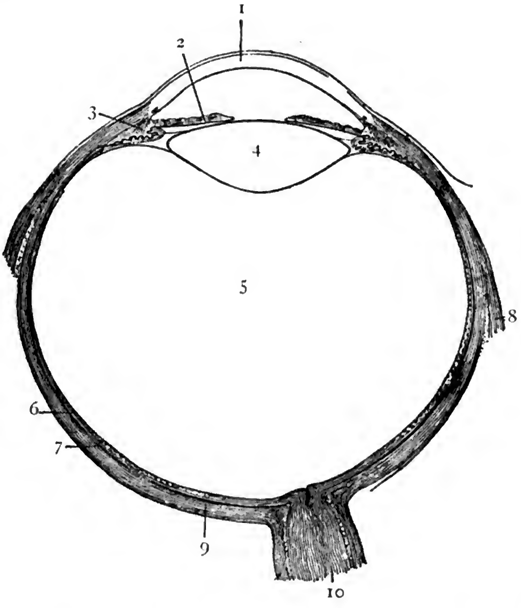


Fig. 54. — 1. Hornhaut. 2. Regenbogenhaut. 3. Strahlenkranz. 4. Linse. 5. Glaskörper. 6. Netzhaut. 7. Aderhaut. 8. Innerer gerader Muskel. 9. Sclerotica. 10. Sehnerv.

Auf der Rückwand, etwas nach unten und innen von der Mitte, durchbricht der Sehnerv[2] die harte Augenhaut.

Die zweite Schichte ist die schwarzgefärbte Aderhaut, Chorioidea,[3] eine sehr dünne, von vielen Adern durchsetzte Haut, die in der Nähe der Hornhaut nahezu senkrecht herabhängt und vorn die Regenbogenhaut,[4] hinten den

Strahlenkranz[1] bildet. Die Regenbogenhaut, Iris, ist derber als die übrige Aderhaut, braun, grau oder blau gefärbt, und in der Mitte kreisförmig durchbohrt (Pupille). In ihrem Innern liegen zwei Schichten von glatten Muskeln, ringförmige zum Verkleinern, strahlenförmige[2] zum Erweitern der Pupille. Nahe dem Rand der Iris entspringt auf deren Hinterseite ein in kurze Zacken[3] sich auflösender Hautring, der Strahlenkranz, der den Rand der Linse[4] umfasst.

An der Trennungsstelle von Strahlenkranz und Regenbogenhaut ist eine Verdickung, welche in ihrem Innern ein ringförmiges Muskelband[5] enthält; dieser Muskel wölbt die Linse und flacht sie ab.

Die innerste Schichte der Augenwand wird von der Ausbreitung des Sehnerven gebildet, der Netzhaut,[6] Retina. Sie breitet sich als sehr dünne, zarte, blassrötlich gefärbte Nervenschichte auf der Aderhaut aus, erstreckt sich aber nach vorn nur bis in die Nähe des Strahlenkranzes, an welchen ihr Vorderrand[7] angewachsen ist. Auf ihr sind zwei Stellen besonders ausgezeichnet: der gelbe und der blinde Fleck. Der erstere heisst auch Sehgrube[8] und ist eine etwas vertiefte Stelle um den Punkt herum, an welchem die Augenaxe (Linie, die durch die Mittelpunkte von Hornhaut und Iris bestimmt ist) die Netzhaut trifft. Der blinde Fleck[9] ist die Eintrittsstelle des Sehnerven; dort finden keine Sehempfindungen statt.

Der Hohlraum des Auges wird durch die Fläche der Iris in zwei ungleich grosse Räume zerlegt; der vordere von beiden, die vordere Augenkammer, liegt zwischen Hornhaut und Iris und wird von der wässrigen Flüssigkeit[10] ausgefüllt. Den Rest des Augenraums nehmen Linse und Glaskörper[11] ein. Der kleine Raum zwischen Regenbogenhaut und Linse heisst hintere Augenkammer.

Die Linse ist ein vom Rand[12] gegen die Mitte an Dicke zunehmender elastischer Körper von kreisförmigem Umfang.

Ihr Durchmesser beträgt 8 mm, die Dicke in der Mitte halb so viel. Trotz der Zusammensetzung aus verschiedenen schalenförmig[1] angeordneten Schichten ist sie völlig durchsichtig. Ihre hintere Wand ist stärker gekrümmt[2] als die vordere. Die Linse steckt in einer feinen, zähen Haut, der Linsenkapsel,[3] welche mit dem Muskelband des Strahlenkranzes in Verbindung steht.

Der ganze Rest des Raums wird von einer weichen, gallertartigen,[4] glashellen, durchsichtigen Masse, dem Glaskörper, ausgefüllt.

Die Verbindung der Augen mit dem Gehirn besorgen die zwei Sehnerven. Sie entspringen im Gehirn und kreuzen sich ausserhalb desselben, so dass der rechts entspringende Nerv in das linke Auge eintritt und umgekehrt; an der Kreuzungsstelle[5] sind sie miteinander verwachsen.[6] Im Auge angekommen, lösen sie sich sofort zur Netzhaut auf.

Die Ernährung des innern Auges geschieht vornehmlich[7] durch die Blutgefässe der Aderhaut und der Netzhaut. Linse und Glaskörper enthalten keine Blutgefässe.

Die knöcherne Umrahmung[8] des Auges, die Augenlider und der Thränenapparat stellen ein System von äussern Schutzeinrichtungen[9] des Auges dar. Die harte Augenhaut dient als Anheftungsstelle[10] der Augenmuskeln und als Schutz für die innern Teile des Auges, während die Hornhaut dem Licht den Eintritt ins Auge gestattet. Die Regenbogenhaut reguliert die ins Auge eindringende Lichtmenge: sie bewegt sich auf[11] Lichtreiz so, dass eine Vermehrung der einfallenden Lichtmenge die Ringfasern zur Verkleinerung der Pupille, eine Verminderung derselben die strahlenförmigen Fasern zur Vergrösserung der Pupille veranlasst. Die Bewegungen der Iris sind langsam; eine starke Verengerung der Pupille braucht über eine halbe Sekunde.

Hornhaut, wässerige Flüssigkeit, Glaskörper und vor allem die Linse brechen[12] und leiten die einfallenden Lichtstrahlen

so, dass auf der Netzhaut ein wirkliches Bild des angeschauten Gegenstandes entsteht. Das Empfinden dieses Bilds ist das Sehen. Die Netzhautbilder sind verkehrt und verkleinert. Das Auge sieht nur dann scharf, wenn diese Bilder genau auf der Netzhaut zustande kommen. Alle diesseits oder jenseits der Netzhaut liegenden Bilder werden nur verschwommen[1] gesehen. Dabei wird das Auge so gestellt, dass das Bild des angeschauten Punktes stets auf die Sehgrube zu liegen kommt.

Die Dauer des Lichteindrucks braucht, um eine Empfindung hervorzurufen, nur sehr kurz zu sein. Schon der elektrische Funken, der nicht ganz 0,000 000 9 Sekunden dauert, wird als Lichtblitz gesehen.

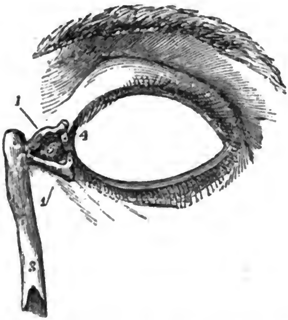


Fig. 55. — Vorderteil der linken Augenlider mit den Thränenkanälen und Nasenröhren. 1, 1. Thränenkanäle. 2. Thränensack. 3. Unterer Teil der Nasenröhre. 5. Fleischiger Vorsprung an der inneren Ecke des Auges; zwischen 4 und 5 stehen zwei Punkte, welche die Öffnungen der Thränenkanäle zeigen.

Wären[2] das Auge und seine Teile starr, so könnte der Mensch nur in einer einzigen Entfernung sehen. Thatsächlich aber erstreckt sich das deutliche Sehen nahezu auf jede beliebige Entfernung. Die Veränderungen im Auge beim Einstellen desselben auf nahe und ferne Gegenstände bezeichnet man als Accommodation. Bei völliger Ruhe des Auges ist die Linse flach, die Augenaxen stehen parallel, das Auge blickt nach einem unendlich fernen Punkt. Beim Blick in die Nähe spannen die im Strahlenkranz liegenden Muskeln die Linsenkapsel. Diese überträgt den Druck auf die Linse selbst, schiebt die ganze Linse um

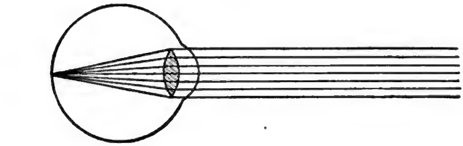
ein weniges nach vorn, wobei die vordere Fläche sich stärker wölbt und zwar entsprechend dem auf die Linse ausgeübten Druck. Dieser wird um so stärker, je näher der zu betrachtende Gegenstand ist. Beim Sehen in die Ferne lässt die Spannung nach, worauf die Linse wieder flacher wird. Das normale Auge ist imstande, von der unendlichen Ferne bis auf 15 cm vom Auge weg deutlich zu sehen. Schon vom 15. Jahre an nimmt in der Regel infolge des Härterwerdens[1] der Linse die Fähigkeit des Accommodierens für die Nähe ab.

Mit den Verhältnissen der Accommodation hängen die zwei häufigsten Fehler des Auges zusammen: Kurz- und Fernsichtigkeit. Bei der erstern liegen die Bilder ferner Gegenstände nicht mehr auf, sondern etwas vor der Netzhaut; bei der letztern würden die Bilder naher Gegenstände erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen. In beiden Fällen kann der Grund ein zwiefacher sein: zu kurzer Bau des Augapfels, oder Unvermögen[2] der Linse, sich bis zur äussersten Grenze zu wölben, machen das Auge fernsichtig; zu grosse Länge des Augapfels, oder Unfähigkeit der Linse, sich bis zur Grenze abzuflachen, sind die Gründe der Kurzsichtigkeit. Ein kurzsichtiges Auge erhält eine Konkavbrille, ein fernsichtiges eine Konvexbrille. Die erste schiebt die Bilder weiter zurück und zwar mit Hilfe der Accommodation auf die Netzhaut; die letztere rückt die Bilder nach vorn, wiederum auf die Netzhaut.

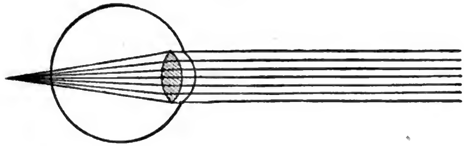
Jedes der zwei Augen liefert ein Bild des angeschauten Gegenstandes; thatsächlich aber sehen wir denselben nur einmal; die Bilder beider Augen verschmelzen[3] in eines. Und zwar kommen zunächst die Bilder der Punkte zur Vereinigung, die wir ansehen (diese Bilder liegen auf der Sehgrube), dann aber auch noch ein gewisser Raum nach oben und unten, nach der Seite und nach der Tiefe vorwärts und rückwärts von diesem Punkt. Die Gesamtheit aller dieser einfach gesehenen Punkte heisst H o r o p t e r.[4]

Denkt man sich durch eine Parallelverschiebung[1] beide Netzhautflächen aufeinander gelegt, so nennt man je zwei sich deckende Punkte der beiden Netzhäute identische

1.



2.



3.

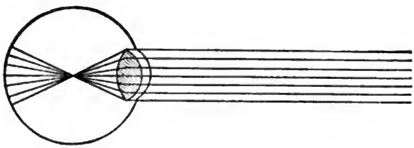


Fig. 56. — **Brechung des Lichts im Auge 1. Normales Auge; die parallelen Strahlen gehen genau auf einen Focus auf der Netzhaut. 2. Weitsichtiges Auge; die Strahlen haben den Focus hinter der Netzhaut. 3. Kurzsichtiges Auge; die Strahlen haben den Focus vor der Netzhaut.**

Punkte. Nun werden Bilder, welche auf identische Punkte der beiden Augen fallen, einfach gesehen, während Bilder, deren Teile auf nicht identische Punkte fallen, doppelt

erscheinen. Jedenfalls aber wirkt[1] die Erfahrung, dass derartige Bilder von einem einzigen Gegenstand herrühren, bei deren Vereinigung mit.[1] Denn auch Schielende,[2] bei denen die Bilder eines angeschauten Gegenstandes nicht auf identische Punkte fallen können, sehen die Dinge einfach.

Die zwei von den beiden Augen gelieferten Bilder eines Gegenstands sind aber nicht gleich, das rechte Auge zeigt etwas mehr von der rechten, das linke etwas mehr von der linken Seite desselben. Ihre Vereinigung zeigt also mehr, als ein Auge für sich allein sehen lässt, und dieses Mehr erweckt den Eindruck des Körperlichen (stereoskopisches Sehen[3]), während beim Sehen mit einem Auge die Gegenstände alle flächenhaft in eine Ebene gerückt erscheinen.

Die Bilder der Gegenstände, die dies- und jenseits des Horopters liegen, kommen nicht mehr zur Vereinigung, sollten also eigentlich als Doppelbilder gesehen werden. Dies geschieht auch; aber durch die Erfahrung belehrt, haben wir uns gewöhnt, eines der beiden Bilder zu vernachlässigen. Diese Vernachlässigung wird noch dadurch erleichtert, dass die Aufmerksamkeit sich auf den Punkt richtet, der angeschaut wird. Dessen Bild fällt auf den gelben Fleck; Bilder aber, die auf andere Stellen des Auges fallen, erscheinen in Form und Farbe weniger genau.

Das Auge belehrt uns über Form, Farbe, Grösse und Entfernung der Gegenstände. Die Vorstellung von der *Form* erhalten wir unmittelbar durch die Umrisse des Netzhautbildes mit Berücksichtigung der durch die Vereinigung der beiden Bilder zum Ausdruck kommenden stereoskopischen Verhältnisse. Die Empfindung der *Farben* hängt mit dem feinern Bau der Netzhaut zusammen. Dabei ist zu bemerken, dass Weiss und Schwarz keine Farbenempfindungen sind. *Weiss* ist im physikalischen Sinne im Gegensatz zu *Schwarz* ebenso wenig wie dieses

eine Farbe, sondern der Effekt aller reflektierten Lichtstrahlen. Mit dem Namen des **weissen Lichts** bezeichnet man daher auch das farblose Sonnenlicht, das aus einer unendlich grossen Anzahl verschiedener Farben zusammengesetzt ist. Gänzlicher oder teilweiser Mangel an Empfindung für Farben wird als **Farbenblindheit** bezeichnet. Die scheinbare **Grösse** eines Gegenstandes hängt von der Grösse des Netzhautbildes ab, und diese wieder vom Sehwinkel.[1] Unter Sehwinkel versteht man den Winkel zweier Linien, die man sich von einem bestimmten Punkt der Linse, dem Knotenpunkt,[2] nach den äussersten Grenzpunkten eines Gegenstandes gezogen denkt.

Alle Gegenstände, welche von dem Auge unter dem gleichen Sehwinkel gesehen werden, erscheinen gleich gross. Die Erfahrung, Vergleichung mit Gegenständen von bekannter Grösse, Beobachtung der Entfernung belehren uns dann über die wahre Grösse.

Bei zu kleinem Sehwinkel sind die Gegenstände nicht mehr erkennbar,[3] wenn sie entweder an sich zu klein oder zu weit entfernt sind. Dies ist der Fall, wenn der Sehwinkel kleiner ist als etwa 1°. Künstliche Hilfsmittel können ihn vergrössern. Dies geschieht für zu kleine Gegenstände durch das Mikroskop, für weit entfernte Gegenstände durch das Fernrohr. In beiden Fällen werden sie dann sichtbar.

Die so gewonnenen Eindrücke von der Grösse wirken[4] mit bei der Vorstellung von der **Entfernung** eines Gegenstandes, wobei[5] noch sonstige Erfahrungen, auch äussere Einflüsse mitspielen. Einen wichtigen Einfluss auf das Urteil übt auch die Grösse der Accommodation, da die Anstrengung des Accommodierens um so[6] grösser ist, je näher der Gegenstand ist.

Das Schätzen[7] von Strecken und Entfernungen ist eine Bethätigung[8] des Muskelsinns; indem wir unsern Blick der abzuschätzenden[9] Länge entlang gleiten lassen, giebt

der dazu notwendige Aufwand von Muskelarbeit die Vorstellung der betreffenden[1] Grösse.

Sehr starke Lichteindrücke, also Eindrücke von grosser Helligkeit[2] oder von längerer Dauer, rufen eigentümliche Kontrastwirkungen hervor, die man Nachbilder nennt. Ein Blick in die Sonne bewirkt die Erscheinung eines minutenlang dauernden Bildes der Sonne, das fortwährend seine Farbe wechselt. Ein längeres unverwandtes[3] Betrachten des hellen Himmels durch das Fenster erzeugt ein Nachbild, in welchem das dunkle Fensterkreuz[4] hell, der helle Himmel dunkel erscheint. Die in einem leichten Bogen hängenden Telegraphendrähte scheinen beim raschen Vorbeifahren eines Eisenbahnwagens sich zu heben und zu senken.

Eine andere Sehtäuschung[5] beruht darin, dass helle Gegenstände auf dunkelm Grund grösser, dunkle Gegenstände auf hellem Grund kleiner erscheinen, als sie wirklich sind. Ein mit gleich grossen weissen und schwarzen Linien oder Quadraten bedruckter[6] Stoff erscheint hell.

Besonders bei geminderter Aufmerksamkeit oder grosser Ermüdung ist das Auge manchen Täuschungen unterworfen. Wenn die Wolken rasch am Himmel hinziehen, scheint wohl der Mond sich zu bewegen, während die Wolken still stehen. Blickt man von einer Brücke in rasch strömendes Wasser, so hat man oft, besonders wenn noch Gegenstände auf dem Wasser schwimmen, wie Schiffe, Eisschollen,[7] die Empfindung, dass die Brücke in rascher Bewegung ist. Diese Täuschung kann so lebhaft werden, dass sie Schwindel[8] hervorruft.

Auch sonst unterliegt das Auge, besonders bei starken Kontrasten, vielfachen Täuschungen hinsichtlich[9] Form, Richtung, Farbe, Grösse.

III.

Ernährung.

Der Mensch ist seinem ganzen Bau nach, vor allem nach dem Bau der Zähne, des Magens und Darms darauf angewiesen,[1] seine Nahrungsmittel aus Tier- und Pflanzenreich zu beziehen.[2] Zur Erhaltung des Körpers braucht er vor allem die folgenden fünf Stoffe,[3] von denen keiner längere Zeit fehlen darf, ohne dass das Wohlbefinden auf's schwerste gestört wird:

1. *Wasser*: täglicher Bedarf 2700–2800 gr. Den grössten Teil dieser Menge enthalten die Speisen.
2. *Salze* verschiedener Art: enthalten ebenfalls die verschiedenen Nahrungsmittel.[4]
3. *Eiweiss*[5]: entweder aus Fleisch- oder Pflanzenkost.
4. *Fett*: ebenfalls entweder aus Fleisch- oder Pflanzenkost.
5. *Kohlehydrate*[6]: Stärke, Zucker.

Der jeweilige Bedarf, besonders an den drei letzten Stoffen, wechselt nach Umständen. So braucht z. B. ein Erwachsener in 24 Stunden

	in der Ruhe	mässig arbeitend	stark arbeitend
Eiweissstoffe .	70.87 gr	130 gr	155.92 gr
Fette	28.35 "	84 "	90.87 "
Kohlenhydrate	340.20 "	404 "	567.50 "

Es giebt ausser der Milch kein *Nahrungsmittel*, welches alle diese Stoffe und in *der* Zusammensetzung enthält, wie sie der Körper verlangt. Die Nahrungsmittel müssen daher gemischt werden. Aus der grossen Reihe derselben seien[7] die wichtigsten erwähnt und in ihnen diejenigen Stoffe, die ihren Nahrungswert ausmachen.

Fleisch: enthält Wasser, Salze, Eiweisskörper, Leim,[8] Fett.

Milch: enthält Wasser, sehr viele Salze, Eiweiss, Fett, Zucker.

Eier: enthalten Eiweisskörper, Fett, Zucker.

Getreidekörner[1]: enthalten Pflanzeneiweiss, Stärke, ebenso die Hülsenfrüchte.[2]

Kartoffeln: sind arm an Eiweiss, reich an Stärke.

Obst: enthält Zucker, Salze und viele Säuren.

Gemüse (grüne Pflanzenteile): sind ebenfalls arm an Eiweiss, enthalten dagegen Stärke, Zucker, Salze.

Ausser den Nahrungsmitteln sind für die Verdauung auch noch Reizmittel[3] nötig, von denen das Kochsalz das wichtigste ist; dahin gehören auch die Gewürze[4] und manche Getränke.

Von den Getränken ist weitaus das wichtigste das Wasser. Von den übrigen ist ein Nahrungsmittel die Milch, die übrigen sind blosse Genussmittel.[5] Kaffee und Thee wirken unmittelbar auf die Nerven; die gegorenen[6] Getränke, Bier, Wein, Branntwein, üben einigen Einfluss auf die Verdauung, in grössern Mengen genossen berauschen sie (im Verhältnis des in ihnen enthaltenen Weingeists).

IV.

Die Körperwärme.

Der Körper besitzt ein gewisses Mass von eigener Wärme, das gewöhnlich im Mittel auf 37½° C. angegeben wird. Doch ändert sich die Temperatur mit dem Alter, ebenso ist sie an den verschiedenen Körperteilen verschieden. Im allgemeinen sinkt sie mit zunehmendem Alter, so dass sie zwischen dem 5. und 9. Lebensjahr durchschnittlich 37.7° beträgt, während sie zwischen dem 50. und 60. Jahr bis auf 36.8° gesunken ist. Bei noch höherem Lebensalter steigt sie wieder etwas.

Am niedrigsten ist die Temperatur der Haut an den Fusssohlen, dort beträgt sie nur 32.3°, an dem[1] Kniegelenk 35°, in der Achselhöhle[2] dagegen etwa 37.5°. Im Innern des Körpers beträgt die Wärme in der Mundhöhle 37.2°, im Blut 37.2°–39.7° C.

Die Quellen der Körperwärme sind teils chemische, teils physikalische Vorgänge.

1. Der durch die Lungen ins Blut gelangte Sauerstoff verbrennt mit dem in den Nährstoffen[3] enthaltenen Kohlenstoff zu Kohlensäure. Diese Verbrennung findet nicht in der Lunge, sondern allenthalben in den Geweben des Körpers statt. Auch andere chemische Vorgänge liefern Wärme, wenn auch in geringerem Grad.

2. Jede Arbeit im Körper erzeugt Wärme: so verwandelt sich die Arbeit des Herzens in Wärme; die Bewegungen der Muskeln, die Thätigkeit der Drüsen sind ebensoviele Wärmequellen.

Für die möglichst gleichmässige Verteilung der gebildeten Wärmemenge sorgt das Blut auf seinem Kreislauf.

Die Abgabe von Wärme an die umgebende Luft geschieht im grössten Masse an der Haut, ferner in den der Luft zugänglichen Körperhöhlen, also Mund-, Nasen-, Rachenhöhle,[4] Luftröhre und Lunge. — Gegen zu starke Wärmeabgabe schützt man den Körper durch Kleider.

Erhöhung der gesamten Körperwärme um 6° zieht[5] den Tod nach sich.

Das Thermometer.[1]

"Das Thermometer beschäftigt jedermann, und wenn er schmachtet oder friert, so scheint er in gewissem Sinne beruhigt, wenn er nur sein Leiden nach Réaumur[2] oder Fahrenheit[3] dem Grade nach aussprechen kann."

Diesem Goethe'schen Ausspruche liegt viel Wahres zu Grunde.[4] Es[5] gewährt jedem das Zurückbeziehen[6] gewisser natürlicher Erscheinungen auf einen Vergleichungspunkt eine Genugthuung, die[7] ihn leicht darüber hinwegsetzt, nach den tieferen Ursachen zu forschen.[7] Mit den Angaben des Thermometers ist durchaus keine Erklärung über das Wie und Warum der Erscheinungen, durch die unsere Sinne so bedeutend affiziert werden,[8] verbunden. Wir reden zwar von Wärme, von Hitze und von Kälte, aber können diesen Ausdrücken keine tiefere Bedeutung unterlegen, als eben die oberflächlicher Vergleichung. Was dem einen heiss erscheint, ist dem andern nur warm, und der Übergang von Wärme zu Kälte existiert eben nur in der Einrichtung jener Instrumente, mit denen wir uns der Überschrift[9] zufolge hier beschäftigen wollen. Das Thermometer ist, wie sein dem Griechischen entnommener Name andeutet (*θερμός*, warm, *μέτρον*, das Mass), ein Instrument, bestimmt die Wärme zu messen. Die Erfindung des Thermometers schreibt man gewöhnlich dem Cornelius Drebbel (1638) zu; es scheint jedoch, dass Galilei[10] dasselbe im Jahre 1597 erfunden habe.

Anfertigung der Thermometer. — Die erste und wichtigste Vornahme,[11] welche bei der Anfertigung eines Thermometers

zu treffen ist,[1] ist die Auswahl einer geeigneten Röhre, im Innern durchgängig von gleicher Weite,[2] was der eigentümlichen Herstellungsweise[3] zufolge nur selten der Fall ist. Diese Röhre wird sodann an dem einen Ende zugeschmolzen[4] und hier mit Hilfe der Glasbläserlampe[5] zu einer Kugel aufgeblasen, an dem andern bleibt sie vorderhand[6] offen. Zunächst wird nun durch Erhitzen alle darin etwa[7] noch vorhandene Feuchtigkeit ausgetrieben und darauf das offene Ende in ein Gefäss mit Quecksilber getaucht. Beim Erkalten zieht sich die im Innern der Kugel befindliche Luft auf ein geringeres Volumen zusammen, und der Druck der äussern Luft treibt beim Erkalten das Quecksilber in den dadurch entstandenen luftverdünnten Raum. Zwar füllt sich auf diese Weise die Kugel nicht vollständig, aber es ist dies auch nicht notwendig, denn um den letzten Rest Luft herauszutreiben, darf man nur die Röhre umkehren und das Quecksilber in ihr so erhitzen, dass seine Dämpfe den ganzen Raum nach oben hin erfüllen, und nochmals das offene Ende in das Quecksilber halten. Man kann leicht taxieren,[8] wie viel man Quecksilber eintreten lassen muss, um die Skala bequem anbringen[9] zu können. Etwas weniges[10] mehr schadet nicht, denn man verjagt diesen Überschuss durch Erhitzen und schmilzt,[11] wenn zum offenen Ende der Röhre die Quecksilberdämpfe heraustreten, dieses zu,[11] sicher nun, keine atmosphärische Luft mehr im Innern zu haben. Beim Erkalten verdichtet sich das Quecksilber, es zieht sich in die Kugel zurück und lässt über sich in der Röhre einen luftleeren Raum,[12] in welchen es bei Erhöhung der Temperatur hinaufsteigt, bei Erniedrigung derselben wieder herabsinkt. Die solchergestalt[13] vorbereitete Thermometerröhre setzt man nun, um die beiden Hauptpunkte der Skala zu finden, zunächst in ein Gemisch von Wasser und Eis (siehe Fig. 57) und lässt sie hier so lange, bis der Quecksilberfaden[14] in der Röhre sich unverrückbar ein-

gestellt hat. Man bezeichnet diesen Punkt als den Gefrierpunkt (0°). Darauf setzt man die Röhre einige Zeit der Einwirkung kochend heisser Dämpfe aus und merkt den Stand des Quecksilbers als den Siedepunkt an (siehe Fig. 58). Den Raum zwischen Gefrierpunkt oder Schmelzpunkt des Eises und dem Siedepunkt des Wassers teilt man in gleiche Teile, und zwar nach Celsius[1] in 100, nach Réaumur dagegen in 80 Teile oder Grade, so dass also,

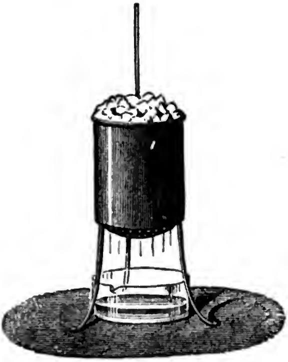


Fig. 57.
Bestimmung des Nullpunktes der Thermometerskala.

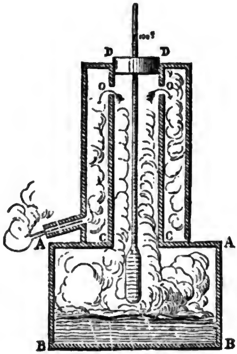


Fig. 58.
Bestimmung des Siedepunktes der Thermometerskala.

wenn man den Gefrierpunkt mit 0 bezeichnet, der Siedepunkt bei Réaumur durch den 80sten, bei Celsius durch den 100sten Grad bestimmt wird. Nach diesen Einteilungen sind also 4 Grad Réaumur = 5 Grad Celsius, und man kann mit Zugrundelegung[2] dieses Verhältnisses jede Angabe auf das Entsprechende nach der andern Einteilung durch ein einfaches Regeldetri[3]-Exempel reduzieren.

Etwas umständlicher ist die Fahrenheit'sche Einteilung, welche vorzugsweise in England, Holland und Nordamerika

in Gebrauch ist. Fahrenheit nämlich nahm den tiefsten oder Nullpunkt des Thermometers nicht bei dem Gefrierpunkt des Wassers, sondern bei der seiner Meinung nach niedrigsten Temperatur an, welche er durch eine besondere Kältemischung erhielt. Er teilte von diesem Punkte bis zum Siedepunkte des Wassers den Abstand der Röhre in 212 Teile; der Gefrierpunkt fiel auf den 32. Grad, und es entsprachen somit die 80 Grade Réaumur oder die 100 Grade Celsius den 180 Graden Fahrenheit, welche übrig bleiben, wenn man von 212° 32° abzieht. Das Verhältnis der Gradunterschiede zwischen Réaumur, Celsius und Fahrenheit ist sonach durch die Zahlen 4 : 5 : 9 ausgedrückt.

Die Fassung[1] des Thermometers kann nach verschiedenen Zwecken sehr mannigfach abgeändert werden. Solche Instrumente, die zur Untersuchung von Flüssigkeiten dienen sollen, werden in gläserne oben zugeschmolzene[2] Röhren eingeschlossen, in denen die Skala, wenn sie nicht direkt auf das Glas geätzt[3] ist, auf Papier verzeichnet mit eingeschlossen ist.[4]

Die besten Thermometer sind, wie alle genauen physikalischen Apparate, ziemlich kostspielige Instrumente, nicht sowohl weil ihre Anfertigung, abgesehen[5] von der äussersten Sorgfalt und Genauigkeit, so grosse Schwierigkeiten böte,[6] sondern weil die Prüfung und Auswahl der Röhren eine sehr mühsame und zeitraubende[7] Arbeit ist und Röhren von durchgängig gleicher Beschaffenheit, die in ihrer ganzen Länge Cylinder von derselben gleichbleibenden Weite vorstellen, zu den grössten Seltenheiten gehören, deren Anfertigung man nicht beliebig[8] in der Hand hat. Mit den Jahren ändern sich auch die Instrumente, indem das Glas zwar langsam, aber lange Zeit hindurch sich noch zusammenzieht und dadurch der Nullpunkt und mit ihm alle übrigen Grade der Quecksilbersäule höher rücken. Bei genauen Beobachtungen müssen diese Umstände berücksichtigt, die

Fehler in der Rechnung korrigiert, vor allem aber von Zeit zu Zeit die Instrumente wieder in schmelzendem Eis und kochendem Wasser auf ihre Beständigkeit geprüft werden. Der Preis eines Normalthermometers erreicht leicht die Höhe von 90 und mehr Mark,[1] während ein gewöhnliches Instrument schon für 1 Mark zu kaufen ist. Ein gutes Thermometer mit sorgfältig ermittelter Skala kann dann zur Regulierung für andere dienen. Die Grenzen für die Thermometerskalen sind je nach der Bestimmung des Instruments engere oder weitere. Während Thermometer für den Hausbedarf z. B. den Siedepunkt des Wassers eben so gut wie die strengste Winterkälte anzugeben im Stande sein müssen, brauchen die Skalen derjenigen Thermometer, deren sich die Ärzte zur Bestimmung der Wärme des menschlichen Körpers bedienen, nur wenige Grade über und unter dem Punkte der Mitteltemperatur zu umfassen. Das Quecksilber ist im Allgemeinen dem Weingeist und andern Flüssigkeiten zur Verfertigung des Thermometers vorzuziehen, weil es einen sehr tiefen Gefrierpunkt (— 39.5° C.) und einen sehr hohen Siedepunkt (+ 360° C.) hat, mithin innerhalb weiter Temperaturgrenzen seine Anzeigen geben kann, und sich zwischen dem Frost- und Siedepunkte des Wassers sehr nahe gleichmässig ausdehnt. Diese Gleichförmigkeit erstreckt sich jedoch nicht in gleicher Weise über 100° hinaus, sodass das Quecksilberthermometer von da an um so mehr zu hohe Anzeigen gibt, je näher das Quecksilber dem Sieden kommt. Zu Beobachtungen bei grösserer Kälte empfehlen sich Weingeistthermometer, namentlich wenn sich dieselbe dem Gefrierpunkte des Quecksilbers nähert oder denselben gar überschreitet.

Um mittels des Thermometers den Wärmegrad eines Körpers zu prüfen, ist es nötig, dass derselbe die Kugel und einen Teil des Rohres möglichst genau und hinreichend lange umgebe, bis das Quecksilber nicht mehr steigt oder

fällt. Auch darf keine andere Wärmequelle störend einwirken, daher bei feineren Prüfungen schon[1] die Hand nicht zu nahe gebracht werden darf. Um die Luftwärme zu erfahren, setzt man das Instrument in den Schatten, jedoch an keinen zugigen[2] Ort.

Für gewisse Zwecke der Beobachtung hat man Thermometer verschiedentlich selbstregistrierend gemacht, namentlich sie so eingerichtet, dass sich später noch ersehen lässt, welchen tiefsten oder höchsten Stand sie seit der letzten Beobachtung gehabt haben. Man nennt dieselben Maximum- und Minimumthermometer, auch wohl Tag- und

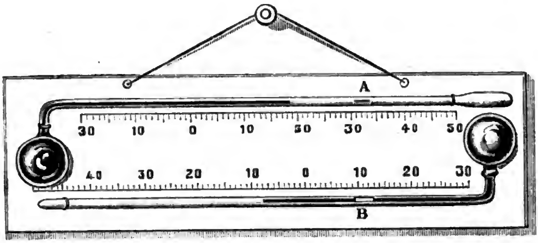


FIG. 59. — Maximum- oder Minimumthermometer.

Nachtthermometer. Das bekannteste derartige[3] Instrument ist das Rutherford'sche (Fig. 59). Zwei liegende[4] Thermometer sind auf einem Brettchen oder einem rechtwinkeligen Stück Spiegelglas befestigt, das eine davon mit Quecksilberfüllung für hohe, das andere mit Weingeistfüllung[5] für niedrige Temperaturen. In dem ersteren, *A*, liegt ein kleiner schwarzer, eiserner Cylinder, welchen das Quecksilber bei seiner Ausdehnung vor sich herschiebt,[6] beim Zurückgehen[7] aber liegen lässt; es[8] bleibt somit der höchste Stand des Quecksilbers markiert (in der Figur ist er 31°), bis man mittels eines Magnets das kleine eiserne Merkzeichen[9] wieder an das Quecksilber herangeführt hat.

In dem Weingeistthermometer, *B*, liegt ein hohles, weisses Glasröhrchen, das als Zeiger[1] dient. So lange dieser Zeiger rundum von Weingeist umgeben ist, bleibt er liegen,[2] wenn dieser vorwärtsdringt. Zieht sich aber die Flüssigkeit weiter zurück, als der Zeiger ursprünglich lag, so wird dieser mitgenommen, bis sie die grösste Zusammenziehung erreicht hat. Der Punkt, wo das Glaskörperchen dann liegen geblieben ist, zeigt die inzwischen eingetretene[3] niedrigste Temperatur. (In der Figur ist sie 9½ Grad unter Null.)

Der Umstand, dass nicht alle Metalle gleichmässig, sondern das eine mehr, das andere weniger durch Hitze und Kälte ausgedehnt und zusammengezogen werden, hat auf die Konstruktion der *Metallthermometer* geführt. Der leitende Grundsatz hiebei ist der, dass, wenn verschiedene Metalle der Länge nach mit einander vereinigt, z. B. zusammengeschraubt[4] oder verlötet werden, das so gebildete Ganze nicht immer dieselbe Form behalten kann, sondern sich bei Temperaturveränderungen *werfen*[5] oder *verziehen* muss. Hat man z. B. einen Zink- und einen Kupferstab[6] bei mittlerer Temperatur zu einer geraden Stange vereinigt, so wird dieselbe bei steigender Temperatur krumm, und zwar derart, dass das Zink, welches sich mehr ausdehnen will, auf die äussere Seite des Bogens zu liegen kommt. Das Umgekehrte findet in der Kälte statt, wo das Zink kürzer wird als das Kupfer.

Breguet, ein pariser Uhrmacher, erfand einen Metallthermometer; dieser besteht aus einem spiralförmig gewundenen[7] Metallband, das mit seinem obern Ende an einem Träger[8] festgemacht ist und übrigens[9] frei herabhängt. Der Metallstreifen ist aus drei vereinigten Schichten von Silber, Gold und Platina zusammengesetzt; die mittlere, Gold, ist nur zur Zusammenlötung[10] der beiden äussern da. Silber und Platin werden von Wärme und Kälte sehr ungleich affiziert, und es lässt sich daher denken, dass das freie

untere Ende der Spirale nicht immer an seiner Stelle bleibt, sondern bald mehr, bald weniger sich auf- oder zudreht. Diese Drehungen nun werden auf eine lange Nadel übertragen, welche als Weiser[1] an einem Gradbogen dient. Wenn man dem Zeiger eine grosse Länge giebt, so kann man schon eine aus zwei verschiedenen Metallen der Länge nach zusammengelötete Stange benutzen, um geringe Temperaturdifferenzen weithin, etwa von einem Turme aus, durch ein Zifferblatt[2] sichtbar zu machen.

Der Kompass.[1]

Es giebt in der Natur einen schwärzlichen, unscheinbaren Stein, dessen Eigenschaften wertvollere sind als die des kostbarsten Diamanten. Derselbe schmückt weder, noch kann man seine Substanz zu etwas anderem verarbeiten als etwa zu einem Stückchen Eisen; der Nutzen, den er gewährt, muss daher in einem ganz besondern Verhalten liegen. In der That, man erkennt sogleich, wenn man ein solches Mineral durch eine Schachtel mit Eisenfeilspänen[2] zieht, dass in demselben eigentümliche Kräfte wirkend sein müssen, denn von den Feilspänen sind ganze Partien an dem Steine haften geblieben[3] und haben sich bartähnlich[4] an seiner Aussenfläche, vorzugsweise in grosser Menge aber an zwei entgegengesetzt gelegenen Punkten, gruppiert. Und wenn wir den Stein in ein auf dem Wasser schwimmendes Schiffchen legen, so mögen wir den Kiel desselben nach einer Himmelsgegend stellen, nach welcher wir wollen, immer wird es sich wieder drehen und nach einer ganz bestimmten Richtung zeigen, so dass ein gewisser Punkt des Steines immer dem Nordpol, ein anderer dem Südpol zu gerichtet ist. Und diese beiden merkwürdigen Punkte, die man darum selbst mit dem Namen Nordpol und Südpol entsprechend bezeichnet, sind gerade jene, an denen sich die Eisenfeilspäne so besonders reichlich[5] angesetzt hatten.

Wir brauchen es nicht erst noch auszusprechen, dass dieser Stein das unter dem Namen Magnet oder Magnetstein[6] bekannte Mineral ist, dessen wundervolle Eigen-

schaft, wie der Faden der Ariadne,[1] dem Schiffer den Weg zeigt in Nacht und Nebel auf der unbegrenzten Meeresfläche und ihn mit einer Sicherheit führt, als befände er sich auf einer gebahnten Strasse.

Der Magnet ist ein Eisenerz, er besteht aus Eisenoxyd-Oxydul,[2] einer Verbindung, die sich von dem gewöhnlichen Eisenroste nur durch einen etwas geringern Gehalt an Sauerstoff unterscheidet. Er hat, nach der Meinung einiger Personen, seinen Namen von der lydischen Stadt Magnesia, in deren Nähe er in Bergwerken gefunden wurde; ausserdem hiess er auch lydischer Stein, Stein des Herkules u. s. w., und diente den Priestern der Alten schon, um ihren mysteriösen Gebräuchen ein höheres, geheimnisvolles Ansehen zu geben.

Lucrez[3] erzählt von eisernen Ringen, die, an der Decke der Tempel aufgehangen, einer den andern trugen, lediglich durch die Anziehung, welche sie an den Berührungsstellen auf einander ausübten. Man kannte die Wirkung des Magnets durch eherne[4] Schalen, und die Bangigkeit unerfahrener Zeiten übertrieb diese Wirkung in die Ferne so, dass man von grossen Magnetfelsen im Ozean fabelte, welche von weitem schon alles Eisen an sich zögen[5] und die Schiffe unaufhaltsam von ihrem Wege ablenken müssten, noch ehe man die Nähe der gefährlichen Klippe durch etwas anderes ahnen könne. Dergleichen Mythen erhielten sich zum grossen Nachteil der Seefahrer lange Zeit, und wir dürfen es als ein eigentümliches Zeichen ansehen, dass gerade dieselbe Kraft, welche man für so gefahrbringend ansah, durch eine später erkannte Äusserungsweise[6] den Mut zur Durchschiffung des unbekannten Weltmeeres belebte.

In Europa scheint man im Altertume nur die Tragkraft des Magneten bewundert zu haben; hätte[7] man seine eigentümliche Richtkraft gekannt, so lag die Anwendbarkeit der-

selben als Führer bei Land- und Seereisen so nahe,[1] dass sie kaum übersehen worden wäre. Die Chinesen dagegen hatten, wie es scheint, schon tausend und mehr Jahre vor unserer Zeitrechnung kleine magnetische Wagen, welche ihnen den Weg durch die unermesslichen Steppen der Tatarei[2] zeigten, denn ein darauf angebrachtes Männchen wies immer mit dem ausgestreckten Arme nach Süden. Im dritten Jahrhundert nach Christo bedienten sich die Chinesen schon einer an einem Seidenfaden aufgehängten Magnetnadel. Im Abendlande und wahrscheinlich zuerst bei den seefahrenden Nationen des Nordens hing man den Stein selbst an einem Faden auf oder man legte ihn auf ein Brettchen und liess ihn auf ruhigem Wasser schwimmen.[3] In dem altfranzösischen Roman von der Rose, der 1180 geschrieben worden ist, wird[4] des Magnetes unter dem Namen Marinette gedacht, was auf Beziehung zur Schifffahrt schliessen lässt.[5] Die eigentliche Erfindung dieser Anwendung schreibt man — obgleich einige sagen, Marco Polo[6] habe den Gebrauch von den Chinesen erlernt,[7] — obwohl mit Unrecht, einem gewissen Flavio Gioja aus dem Neapolitanischen zu, der um 1300 lebte. Weil der Magnet den Reisenden leitete, hiess er bei den nordischen Völkern Leitstein oder Leitarstein,[8] und es ist wahrscheinlich, dass sehr frühzeitig schon Magnete in Norwegen und Schweden gefunden wurden, denn ihr Vorkommen ist durchaus nicht an die lydischen Bergwerke gebunden[9]; man trifft sie in grosser Menge in Lagern und Stöcken[10] bei Dannemora,[11] Arendal, in Sibirien, England, im Harz u. s. w., wo der Magneteisenstein, der aber freilich nicht durchgängig alle die bemerkten Eigenschaften in gleich hohem Grade hat, als das beste Erz zur Gewinnung von Eisen verarbeitet wird.

Die natürlichen Magnete sollen[12] ihre Kraft erst bekommen, wenn sie aus der Erde in die freie Luft kommen. Man

kann sie in ihrer Wirkung, namentlich in ihrer Tragfähigkeit, sehr bedeutend verstärken, wenn man ihre beiden Polseiten mit eisernen Schienen[1] bekleidet, welche in zwei dickere, einander nahe stehende Enden auslaufen.[2] Diese beiden Enden verbindet man dann durch einen Eisenstab, den Anker, und ein dergestalt armierter Magnet vermag oft mehr als das zweihundertfache der frühern Last festzuhalten.[3] Obwohl es als Regel gilt, dass jeder Magnet nur zwei Pole, einen Nord- und einen Südpol, und dazwischen eine neutrale Stelle hat, so kommen doch auch Fälle vor, wo mehrere Punkte grösster Anziehung, also mehrere Pole vorhanden sind[4]; es ist dies aber selten und immer eine Folge von Unregelmässigkeiten in der innern Struktur des Steins.

Übrigens erstreckt sich die Anziehung nicht bloss auf Eisen, sondern in geringerem Grade folgen auch Nickel[5] und Kobalt[6] dem Magneten; ja Faraday[7] und andere haben nachgewiesen, dass der Magnetismus auf alle Körper einen nicht zu verkennenden Einfluss ausübt. Es ist derselbe als eine eigentümlich gerichtete Abstossung zu erkennen und Diamagnetismus genannt worden.[8] Obwohl die Untersuchungen über diesen Gegenstand noch lange nicht geschlossen sind, so lassen sich doch mit absoluter Sicherheit alle jene überschwenglichen[9] Folgerungen, die man aus dergleichen Beobachtungen auf das diamagnetische Verhalten des menschlichen Körpers gezogen hat, und damit alle Geschichten von Mesmerismus, tierischem Magnetismus, Somnambulismus, Od,[10] Tischrücken, Wünschelrute, und was sonst noch mit hineingerechnet[11] worden ist, als das müssige Traumgebäude naturwissenschaftlich ungebildeter[12] Phantasten bezeichnen.

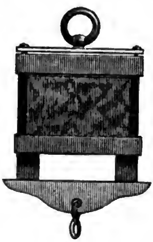


Fig. 60.
Armierung des Magneten.

Künstliche Magnete. — Die magnetischen Eigenschaften lassen sich auch auf künstliche Weise dem Eisen und Stahl mitteilen. Ein Mittel dazu haben wir in den elektrischen Strömen und Ampère[1] hat daraus eine einfache Theorie über das Wesen des Magnetismus abgeleitet. Danach ist derselbe nur eine eigentümliche Erscheinung und Wirkung bewegter Elektricität.[2] Nehmen wir an, dass den magnetischen Körper parallele, geschlossene, d. h. in sich zurücklaufende,[3] elektrische Ströme umkreisen, so können wir alle magnetischen Erscheinungen mit den bekannten Erfahrungen über die Wirkung elektrischer Ströme auf einander erklären. Wenn wir den Magnet mit dem Nordpol auf uns zugerichtet halten, so gehen die Ströme auf der linken Seite herab, auf der rechten herauf; steht der Südpol uns entgegen, so ist es umgekehrt.[4]

Ein Stück Eisen, welches wir in die Nähe des Poles eines starken Magneten bringen, erhält magnetische Eigenschaften. Das ist eine Thatsache. Die Ursache davon ist, dass durch die elektrischen Ströme des Magneten in dem bisher unmagnetischen Eisenstück die entsprechenden Kreisströme erregt werden. Oder wir können von der Voraussetzung ausgehen, dass (eben so wie in jedem Körper elektrisches Gemisch vorhanden ist, welches durch Annäherung eines elektrischen Körpers nur in seine positiven und negativen Bestandteile gesondert wird) auch in dem Eisen schon elektrische Ströme kreisen, aber nach allen möglichen Richtungen und deshalb ohne Wirkung nach aussen, weil sie sich hier neutralisieren, und dass dann diese schon vorhandenen





Fig. 61. Fig. 62.
Mitteilung des Magnetismus durch Verteilung.

Ströme durch die Einwirkung der bestimmt gerichteten Ströme des genäherten Magneten sämtlich in parallele Lage gezwungen werden. Es ist dann zugleich selbstverständlich, dass dem Nordpol des ursprünglichen Magneten gegenüber ein Südpol und dem Südpol gegenüber ein Nordpol entsteht, und dass Nordpol und Südpol sich anziehen, die gleichnamigen Pole dagegen sich abstossen, weil in diesen die Ströme eine entgegengesetzte Richtung haben. Diese Erregung des Magnetismus durch *Näherung* ist gewissermassen mit der Verteilungswirkung der Elektricität zu vergleichen. In den vom Magnet angezogenen Eisenfeilspänen sind auch Ströme erregt worden, und es ist nicht die Substanz des Eisens, welche angezogen wird, sondern eben die Einwirkung der parallel gerichteten Ströme auf einander ist es, welche als gegenseitige Anziehung hervortritt.

Da harter Stahl die so erlangte magnetische Beschaffenheit dauernd behält, so erzeugte man sich *künstliche Magnete*, indem man Stahlstäbe immer in derselben Richtung mit einem kräftigen, schon vorhandenen, gleichviel ob natürlichen oder künstlichen Magnet bestrich.[1] Jetzt bedient man sich zu diesem Behufe fast ausschliesslich der elektrischen Ströme. Mehrere solcher magnetisierten Stahlstäbe vereinigt man passend zu einem Bündel[2] (einem sogenannten *magnetischen Magazin*), und gewöhnlich biegt man sie in Form eines Hufeisens zusammen. In demselben müssen die gleichnamigen Pole über einander liegen.

Wir haben noch auf eine Eigentümlichkeit der Magnete hinzuweisen, welche sehr geeignet ist, die Ampère'sche Theorie zu bestätigen. Wenn man nämlich einen stabförmigen Magnet in der Mitte, da wo seine neutrale Region ist, aus einander bricht, so bekommen die abgebrochenen Stücke an der Bruchfläche[3] jedes einen Pol, welche einander entgegengesetzt sind. Dem abgebrochenen Nordpol ordnet[4] sich ein neuer Südpol, dem im andern Stück übriggebliebenen

Südpol ein neuer Nordpol zu, so dass man auf diese Weise zwei gesonderte Magnete erhält. Umgekehrt, wenn man an den Nordpol eines Magneten den Südpol eines andern anlegt, verschwindet hier die magnetische Wirkung, und nur an den beiden Enden bleiben die beiden Pole.

Der Kompass oder die Boussole.[1] — Diese bei weitem bedeutungsvollste Anwendung der magnetischen Erscheinungen ist weiter nichts als eine stählerne Magnetnadel, die sich um ihren Mittelpunkt vollständig frei bewegen kann. Die bestimmte Richtung, welche die Nadel sich selbst überlassen[2] immer einnimmt, dient als Wegweiser bei den verschiedensten Unternehmungen. Nicht nur Seefahrer bedienen sich[3] ihrer, auch Ingenieure bei ihren oberirdischen, Bergleute bei ihren unterirdischen Vermessungen,[4] Geologen zur Bestimmung des Streichens[5] und Fallens der Gebirgsschichten, Landreisende, Astronomen und Physiker machen von ihr Gebrauch, und entsprechend diesen mannichfachen Anwendungen ist auch die Boussole verschieden eingerichtet. Bald ist die Nadel an einem Faden aufgehängt, bald schwingt sie auf einer senkrechten Spitze oder hat sonst welche[6] Stützpunkte. Die einfachste Form ist diejenige, wo die Magnetnadel in der Mitte mit einem entweder aus hartem Stahl oder aus poliertem Achat gefertigten Hütchen[7] versehen ist, welches auf der Spitze eines senkrechten Stiftes[8] sich dreht. Unterhalb der Nadel befindet sich ein eingeteilter[9] Kreis, nach welchem man die Grösse der Abweichung irgend einer Richtung von der Nordlinie bestimmen kann.

Der Schiffskompass ist insofern etwas anders eingerichtet, als hier die geteilte Kreisscheibe, von Papier auf Marienglas[10] oder Glimmer geklebt, mit der Nadel fest vereinigt, sich mit dieser dreht und die Abweichungen durch eine ausserhalb liegende Marke,[11] welche der Längslinie des Schiffes entspricht, bezeichnet werden. Bei den Chinesen hat dieser Kreis eine Einteilung in 24, bei den Japanesen

in 12 Teile, bei unsern Bergleuten, von welchen der Gebrauch auf Ingenieure, Geologen u. s. w. übergegangen ist, eine Teilung in zweimal 12 Abschnitte, Stunden oder *horae* genannt (siehe Fig. 63). Wissenschaftliche Bestimmungen macht man indessen nach der sonst üblichen Kreisteilung in 360 Grade. Die Nadel ist bei den gewöhnlichen Boussolen in einer runden, oben mit einem Glasdeckel versehenen Dose[1] angebracht. Um sie für die Zeit, wo man ihrer Angaben nicht bedarf, in Ruhe zu halten, versieht man sie mit einer Arretierung,[2] welche die Nadel von ihrer Unterlage abhebt.[3]

Nach einer anderen Beschreibung hat der für den Gebrauch der Seefahrer dienende gewöhnliche Schiffskompass in der Regel folgende Einrichtung: Die Nadel ist mit einer kreisförmigen Papierscheibe bedeckt, welche die Windrose[4] heisst und einen Stern von 32 Strahlen enthält,[5] deren Spitzen die Weltgegenden anzeigen, ausserdem aber am Rande die Teilung von 360 Grad. Der Festigkeit halber ist die Windrose auf ein Stück Marienglas geklebt. Die Befestigung der Rose auf der Nadel muss so gemacht sein, dass der Nordpol der Nadel mit dem Nordpunkte der Windrose übereinstimmt. Wegen der starken Schwankungen des Schiffs ist die Nadel mit einem cylindrischen Gehäuse[6] von Kupfer umgeben, das zwischen zwei Ringen[7] aufgehängt ist, wodurch bewirkt wird, dass sie immer in horizontaler Lage bleibt. Das Gehäuse selbst bewegt sich nämlich mittels zweier daran befestigter Zapfen[8] in einem ersten Ringe, und dieser wieder mittels zweier Zapfen, die in 90° Entfernung von den ersten angebracht sind, in einem zweiten grossen Ringe. Dieser aber ist an den das Ganze umschliessenden viereckigen, hölzernen Kasten befestigt, der oben mit einem Glasdeckel versehen ist. Dieser Kasten liegt in einem noch grösseren das Kompasshaus[9] genannten Kasten. Im

Gehäuse ist in der Richtung nach dem Vorderteile des Schiffs (der Kompass selbst befindet sich allemal beim Steuerruder,[1] wo sich der Steuermann aufhält, also auf dem Hinterteile des Schiffs) ein vertikaler schwarzer Strich[2] angebracht, mit welchem der Steuermann den ihm vorgeschriebenen Strich der Windrose beständig in Berührung halten muss, damit das Schiff nach der jenem Strich entsprechenden Richtung fortgeht, eine Aufgabe, deren richtige Lösung nicht geringe Geschicklichkeit erheischt.[3] Die grossen im Schiffe verteilten Eisenmassen üben auf den Kompass grössere oder geringere Störungen aus; am wirksamsten und nachteiligsten ist in dieser Hinsicht die vertikal stehende Spindel[4] der Ankerwinde. Um ihren Einfluss durch Kompensation aufzuheben, hat man verschiedene Vorrichtungen angegeben.

Erdmagnetismus.[5] — Fragt man nach der Ursache, welche der Magnetnadel ihre Richtung giebt, so wird schon die oberflächlichste Überlegung zeigen, dass dieselbe eine von aussen wirkende sein muss. Denn es kann in einem Körper eine noch so[6] starke Kraft mächtig sein, sie wird denselben nicht bewegen und richten können, wenn ihr nicht auch ausserhalb gewissermassen ein Stützpunkt gegeben ist. Und da wir nun leicht erproben können, dass den Magnet von seiner Richtung nichts abzulenken vermag, als wieder Magnetismus oder, was dasselbe ist, elektrische Ströme, so liegt es nahe,[7] als die Ursache der magnetischen Richtkraft, die wir auf der ganzen Erde und bis in die höchsten Regionen des Luftkreises beobachten können, eine allgemein verbreitete magnetische Beschaffenheit der Erde anzunehmen.

Die Erde verhält sich wie ein grosser Magnet; sie hat zwei Pole, deren einer in der Nähe des Nordpoles, deren anderer in der Nähe des Südpoles liegen muss, denn annähernd fällt auf der ganzen Erdoberfläche die Richtung

der Magnetnadel, der **magnetische Meridian**, mit der Mittagslinie[1] oder dem Erdmeridian zusammen. Vollständig ist die Übereinstimmung durchaus nicht, ja es unterliegen nicht einmal die erdmagnetischen Verhältnisse einer unwandelbaren Beständigkeit. Der Winkel, um welchen die Richtung eines in horizontaler Ebene um eine lotrechte (vertikale) Achse in seinem Schwerpunkte drehbaren Magnetstabs von dem geographischen Meridian abweicht,

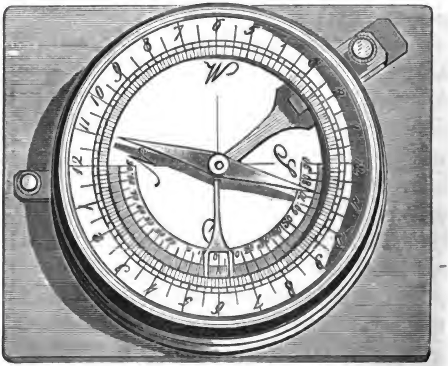


FIG. 63. — Bergmannsboussole.

heisst magnetische **Deklination** oder **Abweichung**. Eine lotrechte Ebene, welche die magnetische Achse eines solchen Magnetstäbchens oder einer solchen Magnetnadel enthält, nennt man den **magnetischen Meridian**.

Die Bestimmung des magnetischen Zustandes der Erde bleibt fortwährend eine der wichtigsten Aufgaben der Physik, denn wir haben es hier mit einer allgemein thätigen Kraft zu thun, deren Einflusssphäre auf die irdischen Verhältnisse wir noch nicht einmal vollständig zu übersehen vermögen. Besonders hervortretende Erscheinungen aber,

wie das Nordlicht, geben uns genügenden Hinweis auf die grosse Bedeutsamkeit, welche dem Magnetismus in den irdischen Zuständen zuzuschreiben ist. Namentlich hat Humboldt[1] in dieser Hinsicht der Sache der Erdkunde unsterbliche Dienste geleistet.[2] Auf seine kräftige Anregung ist über den ganzen Erdraum ein Netz von meteorologischen Stationen gezogen worden, in denen nach einem gemeinsamen Plane zu festgesetzten Stunden die Veränderungen im Luftdruck, Feuchtigkeitsgehalt, in der Temperatur, Windrichtung u. s. w., namentlich aber das magnetische Verhalten unseres Planeten, gemessen und verzeichnet werden, so dass man imstande ist, durch Vereinigung der vereinzelt gemachten Beobachtungen ein genaues Bild über den allgemeinen Zustand der Erde, soweit er von diesen Kraftäusserungen abhängig ist, sich zu machen. Und wenn Humboldt die allgemeine Aufmerksamkeit und thatkräftige Unterstützung diesem wichtigen Gegenstande zuwandte, so haben andere durch Erfindung ausgezeichneter Methoden der Beobachtung und durch Diskussion der so erhaltenen Resultate die noch sehr junge Wissenschaft schon auf das glänzendste bereichert. Namentlich sind es Gauss[3] und Weber, deren geniale Beobachtungsmethoden, überall angewandt, zum Ausbau eines der wichtigsten Teile der Naturlehre das Wesentlichste beigetragen haben. Durch die von ihnen erfundenen Mittel ist es möglich geworden, den geheimnisvollen Wandlungen jener Naturkraft nachzuspüren und deren Äusserung zu erkennen, auch wenn sie Tausende von Meilen von uns entfernt stattfindet.

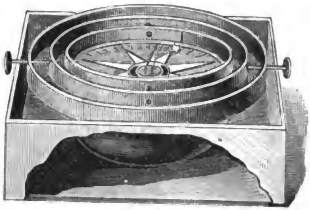


Fig. 64. — Schiffskompass.

Deklination, Inklination und Intensität. — Wenn wir die Erde einem wirklichen Magnete vergleichen und den Pol, der in der Nähe des Nordpols liegt, den magnetischen Nordpol nennen, so stellt eigentlich derjenige Punkt der Magnetnadel, welcher sich jenem Nordpole zurichtet, den magnetischen Südpol der Nadel dar. Wir nennen ihn zwar nicht so, sondern entsprechend der Himmelsrichtung, der er zugewandt ist, auch Nordpol; diese Benennung ist zwar falsch, aber da sie keinerlei Beziehung zur innern Natur des Magnetismus selbst hat, so wollen wir sie auch, die so lange gebräuchlich gewesen ist, getrost beibehalten.[1]

Hängen wir nun eine Magnetnadel derart auf, dass sie sich nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Ebene frei um den Aufhängungspunkt drehen kann, so bemerken wir, wie sie neben ihrer Richtung nach dem magnetischen Nordpol auch eine bestimmte Neigung gegen den Horizont einnimmt und sich, so oft man sie auch aus dieser Lage bringt, immer wieder in dieselbe zurück begiebt. Wir werden also annehmen können, dass sich der Punkt der magnetischen Anziehung in der verlängerten Richtung der Magnetnadel befindet. Wie man die Richtung der horizontalen Kompassnadel durch den Winkel, den sie mit dem astronomischen Meridian macht, die sogenannte Deklination bestimmt, die man, je nachdem die Abweichung nach Osten oder nach Westen stattfindet, östliche oder westliche Deklination nennt, so bestimmt man jene Neigung, die Inklination, durch den Winkel mit der Vertikalen. Man bedient sich dazu eines besondern Instruments, des Inklinatoriums, dessen Einrichtung aus Fig. 65 leicht erkannt wird. Deklination und Inklination sind für verschiedene Orte der Erde verschieden, und man bezeichnet diejenigen Linien, welche die Oberflächenpunkte der Erde von gleicher Deklination oder gleicher Inklination mit einander verbinden, durch den Namen magnetische

Kurven. Stellen die Deklinationskurven die magnetischen Meridiane vor, so bezeichnen die Inklinationskurven gewissermassen die Parallelkreise. Die Orte gleicher magnetischer Deklination heissen Isogonen[1]; die Linie, welche die Orte verbindet, wo die Deklination gleich Null ist, heisst Agone[2]; die Kurven gleicher magnetischer

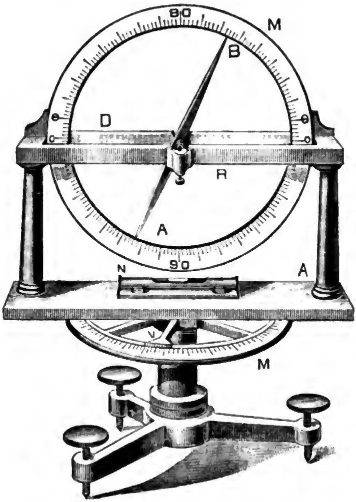


Fig. 65. — Inklinatorium.

Inklination nennt man Isoklinen[3]; die Linie, welche die Orte verbindet, wo die Inklination gleich Null ist, heisst Akline[4] oder Nullisokline. Die Beobachtung der Deklination, der Thatsache also, dass die magnetischen Pole nicht mit den Polen der Erde genau zusammenfallen, finden wir zum ersten Male in den Schiffsbüchern[5] des Christoph Columbus verzeichnet, welche derselbe auf seiner ersten Entdeckungsfahrt 1492 führte. Unter dem 13. September

heisst es darin: "Bei Anbruch der Nacht zeigte der Kompass eine Abweichung gegen Nordwesten, am Morgen war die Missweisung[1] ein wenig geringer." Den Grund der Erscheinung aber suchte der kühne Seefahrer nicht in den magnetischen Verhältnissen der Erde, über deren Natur man ja damals sehr mangelhafte Begriffe hatte, sondern in dem Umstande, dass der Polarstern nicht den astronomischen Pol genau anzeigt, sondern eine Kreisbewegung macht, welcher die Nadeln nicht folgen, und mit dieser Erklärung beruhigte er, unterstützt durch das zufällige Vorkommnis, das am folgenden Morgen sich nicht wieder bemerklich machte, das Schiffsvolk, welches die wiederholt sich zeigende Erscheinung mit Angst aufnahm. Erst auf dem Rückwege aus Westindien sah Colon seinen Irrtum ein und erkannte, dass es im Atlantischen Meere eine Linie der Rechtweisung gebe, nach deren Überschreitung die Magnetnadeln eine Ablenkung von ihrer Nordrichtung erlitten. Dabei müssen wir vorgreifend[2] bemerken, dass die Richtung der Magnetnadel im Laufe der Zeit Änderungen erleidet und 1492 die Nadeln auf demselben Punkte anders wiesen als heute. Unter den beiden Polen stehen die Magnetnadeln senkrecht, die Deklination verschwindet gänzlich. Die Inklination dagegen nimmt nach dem Äquator hin ab, und es giebt hier rings um die Erde einen Gürtel, wo sie gleich Null ist, das heisst, wo die Magnetnadel, von beiden Polen gleich stark angezogen, in vollkommen horizontaler Lage sich erhält. Dieser Gürtel heisst der magnetische Äquator.

Ausser der Deklination und der Inklination ist aber noch ein Faktor in Betracht zu ziehen,[3] das ist die Intensität des Erdmagnetismus, die gesamte Stärke der Kraft, welche sich in den beiden genannten Erscheinungsweisen als in zwei Komponenten äussert. Die Intensität wird unter andern Methoden auf höchst scharfsinnige Weise auch

durch die Schwingungsdauer[1] grosser Magnetstäbe gemessen; dieselben oszillieren um so schneller, je stärker die Intensität, um so langsamer, je schwächer diese ist.

Schwankungen des Erdmagnetismus. — Keiner aber dieser drei Faktoren des Erdmagnetismus, weder die Deklination noch die Inklination, noch auch die Intensität, bleibt sich immer gleich. Im Gegenteil ändern sie sich fast fortwährend, denn sie sind von den Licht-, Wärme- und Elektricitätsverhältnissen, wenn auch in noch unerkannter Weise, abhängig, und wie diese im physikalischen Zustande der Erde wechseln, so bedingen sie gleichzeitige Schwankungen der magnetischen Verhältnisse. Diese Variationen zu beobachten und durch Vergleichung in langen Zeiträumen das Gesetz der Abhängigkeit womöglich zu ergründen, ist der Zweck der grossen Mühe, welche auf den zahlreichen magnetischen Stationen in Indien sowohl als in den Steppen der chinesischen Grenze und weit auf den Inseln der Südsee, in Grönland, am Kap der guten Hoffnung wie in den Laboratorien europäischer und amerikanischer Universitäten unausgesetzt auf die Beobachtung der zitternden Magnetnadel gewandt wird. Der Weltreisende zählt das Magnetometer zu seinen wichtigsten Apparaten, und wie Humboldt auf den Cordilleren[2] Südamerika's und in der leicht gezimmerten Hütte in den sumpfigen Urwäldern[3] des Amazonenstromes,[4] so hat Kane[5] hoch oben in den arktischen Regionen durch seine magnetischen Beobachtungen den Erdwissenschaften die wichtigsten Dienste geleistet.

Man hatte für einzelne Orte schon früher eine allmähliche Änderung der Deklination bemerkt, so betrug z. B. in Paris dieselbe im Jahre 1580 11° 30′ östlich, 1618 war sie nur noch 8°, 1663 fiel der astronomische Meridian mit dem magnetischen zusammen, in 1700 wich die Magnetnadel um 8° 10′ nach Westen ab, 1780 um 19° 55′, 1805 um 22° 5′, 1814 um 22° 34′. Seit dieser Zeit aber geht die Nadel

wieder zurück und 1852 betrug die westliche Abweichung nur noch 20° 22'. Solche langsame Änderungen heissen säkulare[1] Variationen; sie erstrecken sich über die ganze Erde, und in diesem Sinne haben also auch die erdmagnetischen Kurven keine Beständigkeit und die Karten derselben müssen von Zeit zu Zeit geändert werden.

Die Richtung der Friedrichsstrasse in Berlin ist genau nach der Magnetnadel zur Zeit ihrer Erbauung angelegt; die Boussole wird dadurch zu einem chronologischen Moment.

Die Magnetnadel geht aber bei ihren grossartigen säkularen Schwingungen nicht einen stetigen Gang, sondern sie macht unter der Zeit[2] wieder hin- und hergehende Zuckungen,[3] welche unter sich auch eine gewisse Regelmässigkeit, je nach der Jahres- und Tageszeit, erkennen lassen, tägliche[4] Variationen. Für unsere Gegenden hat die Deklinationsnadel Morgens um 8 Uhr ihre östlichste Ausweichung, dann geht das Nordende ziemlich rasch nach Westen, zwischen 1 und 2 Uhr kehrt sie wieder um und geht in den Tages- und Abendstunden rascher als in den Nachtstunden wieder ihrem frühern Stande zu.

Eben so wie bei der Deklination hat sich auch bei der Inklination eine säkulare, jährliche und eine tägliche Variation feststellen lassen,[5] und da die Inklination und Deklination in so grosser Abhängigkeit von einander stehen, so dürfen wir für beide Erscheinungen dieselben Ursachen voraussetzen. Aber während man in den klimatischen Änderungen eine Wechselbeziehung zu den kürzeren Perioden erkennen kann, ist man über die Ursachen der säkularen Schwankungen noch ziemlich im Unklaren.

Das Nordlicht. — Diese Verhältnisse führen uns ohne Weiteres einer Erscheinung[6] zu, deren Erklärung früheren Zeiten unbesiegbare Schwierigkeiten darbot und die deshalb von Furcht und Aberglauben nur mit ängstlichen Gefühlen

betrachtet wurde. Können[1] wir uns aber auch heute noch nicht über die Art und Weise aller jener Vorgänge, als deren Ergebnis das prachtvolle Nordlicht über den Horizont sich erhebt, erschöpfend Rechenschaft geben, so wissen wir doch aus unbestreitbaren Erfahrungen mit Sicherheit, dass dasselbe mit dem erdmagnetischen Zustande im innigsten Zusammenhange steht und am passendsten als ein magnetisches Ungewitter aufgefasst werden muss, in welchem die gestörten Verhältnisse durch einen plötzlichen Ausgleich dem Gleichgewichtszustande wieder zustreben.

Bei uns erscheinen die Nordlichter ziemlich selten, in den nördlicher gelegenen Gegenden aber erglänzen sie fast allabendlich am Himmel. Auf einer im Jahre 1838 nach Norwegen ausgesandten Expedition beobachtete der Schiffslieutenant Lottin während eines Zeitraumes von 206 Tagen nicht weniger als 143 Nordlichter.

"Zwischen 4 und 8 Uhr des Abends färbte sich der obere Teil des lichten[2] Nebels, welcher dort fast immer gegen Norden zu[3] herrscht. Der lichte Streifen[4] nahm allmählich die Gestalt eines Bogens an, dessen Enden sich auf den Horizont stützten. Sein Gipfel blieb in der Richtung des magnetischen Meridians. Bald erschienen schwärzliche Streifen, welche den lichten Bogen trennten, und so bildeten sich Strahlen, welche sich bald[5] rasch, bald langsam verlängerten oder verkürzten. Die Strahlen schossen über den Himmel herauf[6] und verlängerten sich bisweilen bis zu dem Punkte, welcher durch das Nordende der Inklinationsnadel bezeichnet ward, so das Fragment eines ungeheuern Lichtgewölbes[7] bildend. In dem Glanze des nach dem Zenith hin wachsenden Bogens zeigte sich eine wellenförmige Bewegung, der Glanz der Lichtstrahlen wuchs der Reihe nach[8] von einem Fusse zum andern, und es ging dies Wogen des Lichts bald von Westen nach Osten, bald in umgekehrter Richtung. Auch in seiner horizontalen

Ausbreitung kam der Bogen in Bewegung, er wallte und wogte, er entwickelte sich wie ein bewegtes Band oder eine wehende Fahne. Manchmal verliess einer der Füsse oder selbst beide den Horizont, dann wurden diese Biegungen[1] zahlreicher und deutlicher. Der Bogen erschien nun als ein langes Strahlenband, welches sich entwickelte, in mehrere Teile trennte und graziöse Windungen bildete, welche sich fast schlossen und das hervorbrachten, was man die Krone[2] genannt hat. Alsdann änderte sich plötzlich die Lichtintensität der Strahlen, sie übertraf die der Sterne erster Grösse; die Strahlen schossen mit Schnelligkeit, bildeten Biegungen und entrollten sich wie die Windungen einer Schlange; nun färbten sich die Strahlen, die Basis war rot, die Mitte grün, der übrige Teil behielt ein blassgelbes Licht. Diese Farben behielten immer ihre gegenseitige Lage und hatten eine bewunderungswürdige Durchsichtigkeit. Das Rot näherte sich einem hellen Blutrot, das Grün einem blassen Smaragdgrün. Da endlich nahm der Glanz ab, die Farben verschwanden, die ganze Erscheinung wurde nach und nach schwächer und erlosch plötzlich. Einzelne Stücke des Bogens aber traten wieder auf, er bildete sich von neuem, er setzte seine aufsteigende Bewegung fort und näherte sich dem Zenith. Die Strahlen erschienen durch die Perspektive immer kürzer, alsdann erreichte der Gipfel des Bogens das magnetische Zenith, einen Punkt, nach welchem die Nordspitze der Inklinationsnadel hinwies. Unterdessen bildeten sich neue Bogen am Horizonte; sie folgten einander, indem alle fast dieselben Phasen durchliefen und in bestimmten Zwischenräumen von einander blieben. Manchmal wurden diese Zwischenräume kleiner und mehrere dieser Bogen drängten einander. So oft die Strahlen am hohen Himmel das magnetische Zenith überschritten hatten, schienen sie von Süden her nach diesem Punkte zu konvergieren und bildeten alsdann die eigentliche

Krone. Die Erscheinung der Krone ist ohne Zweifel nur eine Wirkung der Perspektive, und ein Beobachter, welcher in diesem Augenblicke weiter nach Süden sich befände, würde sicherlich nur einen Bogen sehen können."

"Denkt man sich nun ein lebhaftes Schiessen von Strahlen, welche beständig sowohl in Beziehung auf ihre Länge als auf ihren Glanz sich änderte, dass sie die herrlichsten roten und grünen Farbentöne zeigten, dass eine wellenartige Bewegung stattfand, dass Lichtströme einander folgten und endlich, dass das ganze Himmelsgewölbe eine ungeheure prächtige Lichtkuppel zu sein schien, welche über einen mit Schnee bedeckten Boden ausgebreitet war und einen blendenden Rahmen für das ruhige Meer bildete, welches dunkel war wie ein Asphaltsee, so hat man eine unvollständige Vorstellung von diesem wunderbaren Schauspiele, auf dessen Beschreibung man verzichten muss." So schildert Lottin die zu Bossekop beobachteten Nordlichter. Was wir in unsern Gegenden von dieser Erscheinung gewahren, kann mit dem Glanze, welchen das Phänomen im Norden hat, nicht verglichen werden.

Die spektroskopische Untersuchung der Nordlichter hat ergeben, dass das Spektrum des Lichtbogens vorzugsweise aus einer einzigen hellen, gelbgrünen Linie, zwischen den Fraunhofer'schen[1] Linien *D* und *C* gelegen, besteht. Dieselbe Linie hat Angström[2] im Spektrum des Zodiakallichtes[3] beobachtet, sie stimmt mit keiner der uns bekannten Gaslinien überein.

Die Grenzen, innerhalb derer ein und dasselbe Nordlicht sichtbar ist, sind oft sehr weit entlegen; daraus lässt sich[4] auf die grosse Höhe, in welcher sich der Prozess abspinnt,[5] ein Schluss machen. So wurde z. B. das Nordlicht vom 28. August 1859 auf einer Strecke von 140 Längengraden, von Kalifornien bis Osteuropa und von Jamaika bis in die nördlichsten Gegenden von Britisch-Amerika beobachtet,

und aus ähnlichen Wahrnehmungen hat Mairan auf Höhen von mehr als 100 geographischen Meilen geschlossen, in denen die Lichtentwickelung stattfindet.

In dem Auftreten der Polarlichter scheint eine gewisse Periodicität Geltung zu haben. Abgesehen davon, dass Loomis[1] für Canada die Stunden gegen 11 Uhr Nachts, für höhere Breiten die Mitternacht und 1 Uhr morgens als tägliche Zeit ihrer häufigsten Erscheinung angiebt, haben einzelne, namentlich Fritzsch, neuerdings nachzuweisen versucht, dass ein Maximum der Häufigkeit der Nordlichter immer nach Verlauf von 11 Jahren wiederkehre. Fünf solcher elfjähriger Perioden sollen[2] Abschnitte bezeichnen, welche durch noch bedeutendere Maxima hervortreten. Merkwürdig würde dabei sein, dass man auch für die besonders häufige Wiederkehr der Sonnenflecken eine elfjährige Periode und für die der Sternschnuppen[3] (Alexander von Humboldt) eine dreiunddreissigjährige beobachtet zu haben glaubt.

Die Übereinstimmung der Strahlenrichtung mit dem magnetischen Meridian liess schon zeitig auf die Vermutung kommen, dass das Nordlicht mit dem Erdmagnetismus in engem Zusammenhange stehe. Bestätigung erhielt dies durch den Umstand, dass die Magnetnadel während der Dauer einer solchen Erscheinung ihr Verhalten auf merkwürdige Weise ändert und in eine eigentümliche Unruhe gerät, die sich durch hin- und hergehende Zuckungen zu erkennen giebt. Seit man nun auch noch beobachtet hat, dass über dem Himmel des Südpoles dieselben wunderbaren Ausstrahlungen von Zeit zu Zeit stattfinden und diese Südlichter oft gleichzeitig mit den Nordlichtern hervortreten und beide in unverkennbarer Abhängigkeit von einander stehen; seit man die Einflüsse derselben auf die Magnetnadel mit den feinsten Apparaten oft und so genau beobachtet hat, dass Arago von seinem Zimmer aus zu Paris,

viele hundert Meilen vom Nordpol entfernt, aus den Bewegungen seiner Nadel das gleichzeitige Aufflammen eines Nordlichtes über den nordischen Himmel verkünden konnte, seitdem ist es keinem Zweifel mehr unterworfen, dass diese vielbewunderte, vielgefürchtete Naturerscheinung in der That ist, was sie Humboldt nennt, ein magnetisches Ungewitter. Die störenden Einflüsse, welche das Nordlicht auf den elektrischen Strom in den Telegraphendrähten zu Zeiten so mächtig ausübt, dass die Apparate von selbst anfangen zu arbeiten und Depeschen auf verständliche Weise nicht befördert werden können, sind ein Beleg dazu, da elektrische Ströme nur wieder durch elektrische Ströme in solcher Weise irritiert werden können. Wir können mit Hilfe luftverdünnter Räume, in denen wir unter dem Einflusse eines starken elektrischen Poles Elektricität von einem Poldraht der Batterie zum andern überströmen lassen, das Nordlicht sogar künstlich im kleinen darstellen, und wenn wir uns die Erde von elektrischen Strömen in ost westlicher Richtung umflossen denken, so sind uns darin Verhältnisse angegeben, welche die Erscheinungen des Nordlichtes in fassbarem Zusammenhange darstellen. Indessen muss doch zugestanden werden, dass trotz der unbestreitbaren Thatsachen, welche das Unrichtige gewisser Erklärungen ganz evident darzulegen imstande sind, eine in allen Punkten erschöpfende Theorie der Polarlichter noch nicht hat gegeben werden können.[1]

Aber so weit sind wir sicher, dass wir in dieser Erscheinung keine übernatürliche Mahnung zu erblicken haben, wie der Aberglaube fürchtet.

"Aus den Wolken blutig rot,
Hängt der Herrgott seinen Kriegsmantel 'runter."[2]

Diese abergläubische Prophezeiung vergangener Jahrhunderte hat für unsere Zeiten nichts Schreckliches mehr,

und die prachtvollen Nordlichter, welche gerade zur Zeit der Übergabe von Metz (Ende Oktober 1870) mehrere Nächte nach einander am Himmel aufflammten, haben gewiss kein erneutes Auflodern der Kriegsfackel bedeuten können.[1] Eine lichtvolle Erkenntnis ist an die Stelle ängstlicher Deutung getreten. Das Begreifliche aber verliert die furchterregende Macht, durch welche das Wunderbare über die Schwachen herrscht.

NOTES.

The heavy figures refer to pages, the light figures to the numbers of the notes.

Chemistry.

1. 1. **also,** 'thus,' 'therefore'; it never means 'also' in English; the German for the English 'also' is *auch*. — 2. **Die Eigenschaften des Stoffs zu studieren** = *zu studieren die Eigenschaften des Stoffs*, or *das Studieren der Eigenschaften des Stoffs*. — 3. **sie** refers to **die Physik; dass sie,** etc. is a substantive dependent clause governed by a preposition; such clauses are often best rendered by omitting **dass** and at times also the subject and changing the finite verb to the present participle; translate: 'without taking into consideration, etc.' — 4. **lassen sich . . . verfolgen;** [they] let themselves, or allow themselves to be pursued; that is, [they] can or may be pursued.

2. 1. **ableiten,** 'derive.' — 2. **der Pflanzensaft,** 'vegetable juice.' — 3. **gelangen,** 'arrive,' a regular verb, to be distinguished from *gelingen*, 'succeed.' — 4. Dative. — 5. **könne,** subjunctive in indirect discourse, expressing the thought of another than the writer or speaker; translate: 'which, it was thought, could, etc.' — 6. **annehmen,** 'assume.' — 7. **Robert Boyle,** born at Lismore Castle in the province of Munster, Ireland, in 1627; one of the greatest natural philosophers of his age; he died in 1691.

3. 1. **zog . . . in den Kreis der chemischen Forschung,** 'drew' or 'brought within the sphere of chemical research.' — 2. **diese für die Kenntnis der Natur überaus wichtigen, bis dahin nicht gewürdigten Substanzen,** 'these substances exceedingly important for the knowledge of nature and not appreciated till then.' The following rules are of great importance: I. Adjectives used attributively must be *preceded* by all their modifying adjuncts; cf. *für die Kenntnis der Natur überaus wichtigen*. Whitney's Grammar, § 147, 2. II. In participial clauses the *participle* usually stands *last*, being *preceded* by all its modifying adjuncts, that is, by all that limits it or is dependent on it; cf. *bis dahin nicht gewürdigten*. Whitney's Grammar, § 358. It will be seen that

the German order is the reverse of the English. It is sometimes advisable and often necessary to translate such adjective phrases and participial clauses by relative clauses; thus (page 18, line 32), *mit der in der Glocke nach dem Erhitzen des Quecksilbers zurückgebliebenen Luft,* 'with the air which had remained in the bell-jar after the heating of the mercury.' — 3. **aufstellen,** 'establish.' — 4. **Georg Ernst Stahl,** born at Ansbach, near Nuremberg, in 1660, died at Berlin in 1734. — 5. **Phlogiston,** from φλογιστός, 'burned,' 'set on fire,' from φλογίζειν, 'to set on fire.' The hypothetical principle of fire or inflammability, regarded by Stahl as a chemical element. This was supposed to be united with combustible (phlogisticated) bodies and to be separated from incombustible (dephlogisticated) bodies, the phenomena of flame and burning being the escape of phlogiston. The essential principle of this theory was that combustion was a decomposition rather than the union and combination which it has since been shown to be. — 6. **Henry Cavendish,** the son of Lord Charles Cavendish, born at Nice in 1731; his merits in science were more generally recognized on the Continent; he died in 1810. — 7. **nachweisen,** 'prove.' — 8. **Joseph Black,** born at Bordeaux, but of Scotch descent, in 1728; professor of chemistry at Glasgow University in 1756; he died in 1799. — 9. **Joseph Priestley,** born in 1733 at Fieldhead near Birstal, in the West Riding of Yorkshire; "no one obtained more important results or threw more light upon the chemical existence of a number of different gases than Priestley"; yet the limit of his growth of power is seen by his clinging to the phlogiston theory; he died in 1804. — 10. **Karl Wilhelm Scheele,** born at Stralsund, the capital of Pomerania, which then belonged to Sweden, in 1742. In 1770 he went to Stockholm; he was one of the most eminent chemists of his age; he died in 1786. — 11. **Antoine Laurent Lavoisier,** one of the founders of modern chemistry, was born in Paris in 1743. His first public distinction was gained on the occasion of a prize offered by the Academy of Sciences for an essay on the best mode of lighting the streets of Paris. To increase the sensitiveness of his eyes, he immured himself for six weeks in a room hung with black, from which all light was excluded except that of the lamps experimented upon. His zeal was rewarded with the gold medal in 1776. On May 2, 1794, a frivolous accusation was presented against Lavoisier and others whose wealth constituted in the eyes of the revolutionary tribunal an unpardonable crime. On May 6 he was condemned to the guillotine, and two days later he was executed. An account of his discovery of oxygen will be found in XI. — 12. **einsetzen,** 'set up,' 'establish.' — 13. **die Wage,** 'balance.' — 14. **Karl**

Friedrich Wenzel, born at Dresden in 1740; "he made some very careful chemical experiments, particularly on the mixture of solutions of various salts"; his claim for remembrance rests on one of his *Vorlesungen über die chemische Verwandtschaft der Körper.* He died in 1793. — 15. **John Dalton,** founder of the atomic theory of chemistry, was born at Eaglesfield near Cockermouth in Cumberland in 1766; he died in 1844. — 16. **Gay-Lussac,** one of the most distinguished of modern physicists and chemists, was born in France at St. Léonard in the department of Haute-Vienne in 1768; he died in 1850.

4. 1. After **hervorgegangen** supply *ist;* the auxiliary verb in a dependent clause (transposed order) is often omitted. — 2. **das Eisenoxyd,** 'peroxide of iron.' — 3. **gelingen,** irregular verb; cf. note on 2, 3.

5. 1. **seine Zuflucht nehmen zu . . .,** 'have recourse to . . .' — 2. **z. B.** = *zum Beispiel,* 'for instance.' — 3. **also**; cf. note on 1, 1. — 4. **vor sich gehen,** 'occur,' 'take place.' — 5. **Liter,** and *not* **Litern,** although the preposition *mit* governs the dative. "Masculine and neuter nouns used to express measurement, of extent, quantity, weight, or number, generally stand in the singular instead of the plural after numerals." Whitney's Grammar, § 211, 2. — 6. Inverted order to express the conditionality of a statement, that is, to add the meaning of *if.* Whitney's Grammar, § 433.

6. 1. **festsetzen,** 'fix,' 'establish'; cf. note on 5, 6. — 2. The neuters singular *es, das, dies* [*dieses*] are often used as the subjects of the verb *sein;* the following noun or nouns may be of a different gender or number, but the verb must agree with the noun in number: as, *das sind meine Blumen,* 'those are my flowers'; *dies waren die grossen Schlachten,* 'these were the great battles.' — 3. **d. h.** = *das heisst,* 'that is', 'that is to say.' — 4. Cf. note on 3, 2.

7. 1. **Jöns Jakob Berzelius,** one of the most illustrious of modern chemists, was born at a farm near Wäfversunda, in Östergötland, Sweden, in 1779. He was one of the first persons in Europe to observe the greatness of the discovery of the Italian Volta. In 1808 he was elected president of the Academy of Sciences in Sweden, and two years later he brought out his famous treatise: "*On the fixed Proportions and Weights of Atoms.*" After Linnæus' his is considered to be the greatest name in science of which Sweden can boast; he died in 1848. — 2. **die Leitungsfähigkeit,** 'conductibility.' — 3. Cf. note on 6, 3.

8. 1. **angehören,** 'belong,' 'appertain'; cf. *hören,* 'hear'; *zuhören,* 'listen'; *aufhören,* 'stop'; *gehören,* 'belong.' — 2. **deren** refers to *Thatsachen.* The demonstrative pronoun *der* (genitive plural *deren*) is used also as a relative pronoun.

9. 1. **Justus von Liebig** was born in Darmstadt in 1803. "At the age of fifteen he entered the shop of an apothecary to study chemistry. He soon found out how great is the difference between practical pharmacy and scientific chemistry. Later he went to the University of Erlangen which he left in 1822 with the degree of Ph.D.; he continued his chemical studies in Paris where he attended the lectures of Gay-Lussac who on Humboldt's recommendation admitted him into his private laboratory as a pupil. In 1826 he was appointed professor of chemistry in the University of Giessen, a position which he held for twenty-five years, notwithstanding the most tempting offers from other universities. He began by remedying the evil which as a student he had himself felt. He induced the Government to build a chemical laboratory in which any student of the university might obtain a thorough practical training. During his stay at Giessen he contributed to scientific journals more than two hundred articles and published his works on organic analysis, organic chemistry, chemistry applied to physiology and agriculture, and many smaller treatises. In 1852 he became professor of chemistry in the University of Munich; this position he held till his death in 1873."

10. 1. Cf. note on 3, 2. — 2. Why not *nimmt . . . an?* — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. Cf. note on 3, 2.

11. 1. A list of the symbols of the most important elements and of their atomic weights will be found on page 169. — 2. Why not *finden . . . statt?* — 3. **der Kolben,** 'alembic.' — 4. Supply *Vorgänge.* — 5. **des Werdens**; *werden*, like other infinitives, is often used as a noun. *Das Werden*, 'the origin,' 'the origination,' 'the process of coming into existence'; it is the opposite of *das Vergehen* in the sense in which the latter is used here. — 6. The infinitive with *zu* often stands after *sein*, 'to be,' and has the logical value of an infinitive passive: thus, *ist . . . zurückzuführen*, 'is to be traced back.' — 7. **dabei,** 'at the same time.'

12. 1. **der Hochofen,** 'smelting furnace,' 'blast furnace.' — 2. **das Gusseisen,** 'cast iron'; cf. *giessen*, 'pour,' 'cast,' 'mould.' — 3. **zerbröckeln,** 'crumble'; cf. *der Brocken*, 'crumb,' and *brechen*, 'break.' — 4. **die Ackererde,** 'arable soil.' — 5. Cf. note on 3, 2.

13. 1. **sich hüten,** 'take care.' The third person singular, and the first and third person plural, of the present subjunctive are often used in the sense of the imperative. — 2. **nach allen Richtungen hin,** 'in all directions,' 'in every sense.' Adverbs of direction, especially *hin*, *her*, *zu*, and their compounds, often follow a noun governed by a preposition to make the statement expressed by the preposition more emphatic or

definite; thus, *aus der Brust heraus*, 'forth from the breast.' — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. Cf. note on 3, 2. — 5. **kann . . . übergegangen werden** = *kann man . . . übergehen*, 'one (he) can turn.' — 6. **das Entgelt**, 'recompense.'

14. 1. The modal auxiliaries (*dürfen, können, mögen, sollen, wollen, müssen*) and at times a few other verbs, like *sehen, hören*, and *lassen*, when used in connection with the infinitive of another verb, substitute the infinitive for the past participle in the perfect and pluperfect tenses and in the perfect infinitive; thus, (*sie*) *hätten erspart werden können* instead of (*sie*) *hätten erspart werden gekonnt*, literally '(they) might have been able to be saved'; that is, 'they might or could have been saved.' — 2. The neuter *es* often begins a sentence and the real subject is then placed after the verb (inverted order); *es* is in such cases either untranslatable or answers to the English *there;* the verb agrees in number with the following noun (the real subject). Cf. note on 1, 4 for **lassen sich . . . aufstellen.** — 3. Cf. note on 14, 1. — 4. The following pages on the 'Discovery of Oxygen' form part of an article written by Dr. M. A. Olschanetzky of Odessa, Russia, and published in the *Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge*, herausgegeben von Rud. Virchow und W. Wattenbach. Neue Folge. V. Serie. 1891. — 5. Cf. note on 3, 9. — 6. Cf. note on 3, 10. — 7. Cf. note on 3, 11.

15. 1. **mag dasselbe noch so wichtig sein**, 'however important the same may be.' — 2. Dative. — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. Why not *nahm ein?* — 5. **das Verkalken** or **die Verkalkung**, 'calcination.' — 6. Cf. note on 1, 1. — 7. **beraubt**, 'deprived,' cf. *bereft;* supply *werden*.

16. 1. A few transitive verbs, like *nennen* and *heissen*, govern two accusatives; the second accusative may be considered as an objective predicate, denoting the name or title given. — 2. **wägbar**, 'weighable.' — 3. **u. s. w.** = *und so weiter*, 'and so on.' — 4. Cf. note on 16, 1.

17. 1. No distinction seems to be made here between *Kolben*, 'alembic,' and *Retorte*, 'retort' (line 12). — 2. **neigen**, 'incline.' — 3. **der Haken**, 'hook.' — 4. **umbiegen**, 'bend,' 'turn back.' — 5. **die Glasglocke**, 'bell-glass,' 'bell-jar.' — 6. **die Wanne**, 'tub,' 'pail,' 'bath.' — 7. **Aufkleben**, 'paste on'; the infinitive is here used as a noun. — 8. Accusative. — 9. **das Teilchen**, 'particle.'

18. 1. **auslöschen**, 'extinguish,' 'put out.' — 2. Cf. note on 3, 2. — The constructions of **der . . . Luft** and **ein . . . Gemisch** are explained by the same note.

19. 1. **Untersuchen wir,** 'let us examine.' — 2. **zustande kommen,** 'take place,' 'come to pass.' — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. **das Blutkörperchen,** 'blood corpuscle' (Latin *corpusculum*, diminutive of *corpus*, 'body').

20. 1. The past participle is often used appositively, to describe a state or express conditionality; **eingeatmet,** 'if inhaled.' — 2. **wirkt . . . anregend,** 'acts in a stimulating way,' 'has a stimulating effect'; *anregend* is here used adverbially.

Physics.

21. 1. **eingreifen in . . .,** 'interfere with.'

22. 1. Cf. note on 3, 2. — 2. **zu Grunde liegen,** 'to lie at the foundation,' 'underlie.' — 3. **herleiten,** 'derive,' 'deduce'; cf. note on 1, 4. — 4. **Thales of Miletus,** the founder of Greek geometry, astronomy, and philosophy, was born 640 B.C., died 546 B.C. — 5. **Anaximenes of Miletus** lived near the middle of the sixth century B.C. He believed that the air was the original elementary cause of all things, that it maintained the universe even as breath, which is our life and soul, sustains us. — 6. **Archimedes,** the greatest mathematician of antiquity, was born at Syracuse, in Sicily, about 287 B.C. He established the science of engineering upon a solid mathematical basis. The fundamental principle that a body immersed in a liquid sustains an upward pressure equal to the weight of liquid displaced, is still known by his name. His estimate of the capabilities of the lever is expressed in the words attributed to him: "Give me a fulcrum on which to rest, and I will move the earth." The so-called screw of Archimedes, a machine for raising water, is said to have been invented by him, for the purpose of removing water from the hold of a large ship that had been built by King Hiero, of Syracuse. When the city of Syracuse was taken by the Romans in the year 212 B.C., a general massacre of the inhabitants took place. Archimedes, while engaged in drawing a mathematical figure on the sand, was run through the body by a Roman soldier. — 7. Nothing certain is known of the dates of the birth and death of **Euclid.** About the year 300 B.C. he began to teach mathematics in Alexandria during the reign of Ptolemaeus Soter, king of Egypt (305–285 B.C.). "The fact that for twenty centuries the *Elements* of Euclid, or parts of them, have held their ground as an introduction to geometry is a proof that

they are, at any rate, not unsuitable for such a purpose." — 8. **Hero of Alexandria,** one of the most famous mathematicians and mechanics of antiquity, lived about 100 B.C. His name has been preserved in the well-known experiment of Hero's fountain, in which, by means of condensed air, water is made to spring from a jet in a continuous stream. — 9. The great philosopher **Pythagoras** was born about the year 582 B.C. at Samos, one of the islands in the Aegean Sea, near the mainland of Asia Minor. He raised mathematics to the rank of a science; he made numbers the basis of his philosophical system, and united the study of geometry with that of arithmetic. He died near the end of the sixth century B.C. His followers were called Pythagoreans. — 10. **Scholasticism** in the widest sense extends from the ninth to the end of the fourteenth century; the final disappearance of ancient philosophy may be dated about the beginning of the sixth century of our era; the Athenian schools were closed by order of the emperor Justinian in 529. Charlemagne or Charles the Great (born in 742, died in 814) by imperial decree commanded the establishment of schools in connection with every abbey in his realms. Episcopal schools were established at Lyons, Orleans, St. Denis, and cloister schools at Tours, Fulda, and many other places. Moreover there existed the older monasteries of St. Gall and Reichenau. These schools became the center of mediaeval learning and speculation, and from them the name Scholasticism is derived. Generally speaking, in Scholastic philosophy reason is subject to authority; from the side of the church this characteristic is expressed in the saying that reason has its proper station as the handmaid of faith (*ancilla fidei*). Nevertheless this principle of the subordination of reason wears a different aspect according to the century and writer referred to.

23. 1. **so sorgfältig . . . auch,** 'however carefully.' — 2. Cf. note on 3, 2. — 3. **Nicolaus Copernicus** was born in 1743 at Thorn in Prussia; his father, of German (Silesian) descent, was a native of Cracow in Poland. The preparation of his great work, *De orbium coelestium revolutionibus*, occupied him from about 1507 to 1530. Being aware that he set forth truths hitherto unknown to science and impugned the rights of time-honored dogmatism, he delayed the publication of the book. At length yielding to the entreaties of his friends, the manuscript was printed at Nuremberg. The impression had just been completed when Copernicus died in the year 1453. — 4. **Galileo Galilei** was born at Pisa, in Italy, February 18, 1564. The day of his birth was the day of the death of **Michel Angelo Buonarotti.** "The story according to which Galilei, rising from his knees after repeating

the formula of abjuration, stamped on the ground, and exclaimed, '*E pur si muove*,' seems to be entirely apocryphal." Galilei died in 1642, the same year in which **Isaac Newton** was born. — 5. **Gilbert** or **William Gilberd** was one of the most distinguished men of science during the reign of Queen Elizabeth (1558–1603). — 6. **John Kepler,** one of the founders of modern astronomy, was born in 1571 at Weil in the duchy of Württemberg. The most important work of his was entitled *Astronomia nova seu Physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis.* In this work two of the cardinal principles of modern astronomy — the laws of elliptical orbits and of equal areas — were established; important truths relating to gravity were enunciated, and the tides ascribed to the influence of lunar attraction. Kepler died, after suffering untold hardships and disappointments, in the year 1630, eighteen years before the close of the terrible Thirty Years' War. — 7. Cf. note on 5, 6. — 8. **entgegentreten,** 'obstruct,' 'stand in the way of.' — 9. Dative, governed by the verb.

24. 1. **Willebord Snell,** astronomer and mathematician, was born at Leyden in the Netherlands, province of South Holland, in 1591. He discovered the law of refraction which, however, is generally attributed to Descartes; he died in 1626. — 2. **René Descartes** was born at La Haye, in Touraine, France, in 1596, and died at Stockholm in 1650. Between the ages of thirty-three and fifty-three he lived almost entirely in Holland. In 1649 he went to Sweden. His philosophical works are numerous and important. — 3. **Otto von Guericke,** distinguished by his original discoveries of the properties of air, was born at Magdeburg in 1602. Having studied law and mathematics, especially geometry and mechanics, at various universities, he visited France and England. In 1627 he was elected alderman in Magdeburg. After the city had been stormed and plundered by Tilly in 1631, Guericke took up the profession of engineer-in-chief at Erfurt. In 1646 he became mayor of Magdeburg. Incited by the discoveries of Galileo and others, he attempted the creation of a vacuum, a desideratum in science from before Aristotle. He began by experimenting with a pump on water placed in a barrel, but found that when the water was drawn off the air permeated the wood. He then took a globe of copper fitted with pump and stopcock, and discovered that he could pump out air as well as water. Thus he became the inventor of the air-pump. He died in 1686. — 4. **Christiaan Huyghens** was born at the Hague in Holland in 1629. His application of the pendulum to regulate the movement of clocks was a fruit of his astronomical studies, springing, as it did, from his experience of the need for an exact meas-

ure of time in observing the heavens. His researches in physical optics constitute his chief title to immortality. He died at the Hague, after spending many years in France, in 1695. — 5. **Sir Isaac Newton,** one of the greatest of natural philosophers, was born in 1642 at Woolsthorpe, a hamlet in the parish of Colsterworth, Lincolnshire. Newton's thoughts were early directed to the subject of gravity. Voltaire is the authority for the well-known anecdote about the apple. How much truth there is in it can never be known, but until 1820 tradition marked a tree at Woolsthorpe as that from which the apple fell; then, owing to decay, the tree was cut down and its wood carefully preserved. Newton died in 1727. — 6. **Benjamin Franklin,** one of the most eminent journalists, diplomats, and philosophers of his time, was born in Boston on January 17, 1706. He was the first to demonstrate that lightning and electricity were one. He died in Philadelphia in 1790. — 7. **die Ladung,** 'charge'; **die Entladung,** 'discharge.' — 8. **Charles Augustin Coulomb** was born at Angoulême, France, in 1736.

25. 1. Cf. note on 3, 8. — 2. Cf. note on 3, 15. — 3. **Luigi Galvani,** an eminent Italian physiologist, after whom galvanism received its name, was born at Bologna in 1737; he died in 1798. — 4. Genitive singular, depending on *die Entdeckung.* — 5. **die Zuckung,** 'convulsion.' — 6. **Alessandro Volta** was born at Como in 1745; in 1779 he was appointed professor of physics in Pavia. Napoleon called him to Paris in 1801 to show his experiments on contact electricity, and a medal was struck in his honor. Volta died in 1827. — 7. **William Nicholson,** born in London in 1753 and died in 1815. — 8. **Sir Humphrey Davy,** the famous natural philosopher, was born in 1778 at Penzance in Cornwall. His first scientific discovery was that of the existence of silica in the epidermis of the stems of reeds, corn, and grasses. He invented a safety-lamp against accidents from explosions of fire-damp in coal mines. He died in 1829. — 9. **Hans Christian Örsted,** born at Rudkjöbing on the island of Langeland in Denmark in 1777. He owes his world-wide reputation to his discovery of the deflection of the magnetic needle by the electric current. In 1806 he was appointed professor of physics at the university of Copenhagen. He died in 1857. — 10. **André-Marie Ampère,** the founder of the science of electro-dynamics, was born at Lyons in January 1775. "In 1820 he heard of the discovery of Professor Örsted at Copenhagen that a magnetic needle may be deflected by a voltaic current. In the same year he presented a paper to the Academy, containing a far more complete exposition of the phenomenon, showing that magnetic effects can be produced, without magnet, by aid of electricity alone. In particular he showed that two wires con-

necting the opposite poles of a battery attract or repel each other according as the currents pass in the same or in opposite directions. He anticipated the invention of the electric telegraph, having suggested in 1821 an apparatus of the kind with a separate wire for each letter." Ampère died at Marseilles in 1836. — 11. **François Jean Dominique Arago,** one of the most celebrated physicists of the first half of the present century, was born in 1786 at Estagel, a small village near Perpignan, in the department of the Eastern Pyrenees. In 1816, along with Gay-Lussac, he commenced a monthly journal of science, the *Annales de Chimie et de Physique,* which soon acquired that high scientific reputation which it has always maintained. At all times he distinguished himself by the boldness and ardor with which he defended his liberal political opinions; he refused to take the oath of allegiance to the government of Louis Napoleon. Many of the most creditable national enterprises under Louis Philippe were due to the advocacy of Arago, for instance the reward to Daguerre for his wonderful invention of photography. Arago died in 1853.

26. 1. **Thomas Johann Seebeck,** born at Reval, capital of Esthonia, Russia, in 1770. He studied in Berlin and Göttingen. His publications are found in Gehlen's *Journal für Chemie,* in Schweigger's *Journal für Physik,* and in *Abhandlungen der berliner Akademie* (1819–1827). He died in 1831 in Berlin. — 2. **Michael Faraday,** chemist, electrician, and philosopher, was born at Newington, Surrey, in 1791, and died at Hampton Court in 1867. — 3. **Friedrich Heinrich Alexander, Baron von Humboldt,** was born at Berlin, 1769. He was one of the greatest naturalists of the world. Spanish America was the scene of his first explorations. In 1799 he was at Teneriffe, the largest of the Canary Islands, for the ascent of the Peak, locally known as the *Pico de Teyde,* the highest point of which is 12,200 feet over the sea; later in the same year he landed at Cumana in Venezuela. There he observed on the night of the 12–13th November that remarkable meteor shower which forms the starting point of our acquaintance with the periodicity of the phenomenon. Humboldt's discovery of the decrease in intensity of the earth's magnetic force from the poles to the equator was communicated to the French Institute in a memoir read by him in 1804. In 1829 he traversed the wide expanse of the Russian empire from the Neva to the Yenesei, accomplishing in twenty-five weeks a distance of 9614 miles. Humboldt died in 1859. The first centenary of his birth was celebrated September 14, 1869, with equal enthusiasm in the New as in the Old World. — 4. **Christopher Hansteen,** astronomer and physicist, was born at Christiania, Norway, in

1784. He superintended the trigonometrical and topographical survey of Norway, begun in 1837. He was professor of astronomy and applied mathematics in the university of Christiania, in which city he died in 1873. — 5. **Carl Friedrich Gauss,** an eminent German mathematician, was born at Brunswick in 1777. With Weber's assistance he erected in 1833 at Göttingen a magnetic observatory free from iron, where he made magnetic observations, and from this same observatory he sent telegraphic signals to the neighboring town, thus showing the practicability of an electro-magnetic telegraph. Gauss died at Göttingen in 1855. — 6. Cf. note on 24, 4. — 7. **Thomas Young,** one of the most remarkable figures alike in literature and science, belonged to a Quaker family of Milverton, Somerset, and was born in 1773. He was appointed by the Royal Institution professor of natural philosophy in 1802. His celebrated *Course of Lectures on Natural Philosophy*, published in 1807, is a work which is even now regarded as a valuable authority. He died in 1829. — 8. **Augustin Jean Fresnel,** an eminent French physicist, born at Broglie in the department of Eure, in 1788, died in 1827. — 9. Cf. note on 16, 3. — 10. **Étienne Louis Malus,** the discoverer of the laws of the polarization of light by reflection, was born at Paris in 1775; died in 1825. His death was deeply lamented by his colleagues and the lovers of science in all countries, who said of him that if his life had been prolonged we should at last "have known something" of the laws of nature. — 11. Cf. note on 25, 11. — 12. Cf. note 1, above. — 13. **Macedonio Melloni,** a distinguished physicist, was born at Parma in 1798; he died in 1854. — 14. **Julius Robert von Mayer** was born at Heilbronn in the kingdom of Württemberg in 1814. He claims recognition as an independent *a priori* propounder of the "first law of thermo-dynamics," but more especially as having early and ably applied that law to the explanation of many remarkable phenomena, both cosmical and terrestrial. He died in 1878. — 15. **James Prescott Joule** was born at Salford, the borough of the city of Manchester, England, in 1818. His most important works are *Discovery of the Laws of the Evolution of Heat by Electricity* and *Discovery of the Mechanical Equivalent of Heat.*

27. 1. **umgekehrt,** 'reversely.' — 2. This article [VI] is taken from the Introduction to *Die elektrischen Maschinen* by Professor E. R. Müller of Marne, Holstein, in Prussia, and published in the *Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge* of the year 1891. — 3. Cf. note on 26, 5. — 4. **Fernsprecheinrichtungen,** 'telephone appliances'; cf. *fern*, 'far,' 'at a distance'; *sprechen*, 'speak'; *die Einrichtung*, 'appliance,' 'arrangement,' 'contrivance.' — **der Fernsprecher,** 'telephone.'

28. 1. **jedwedem** = *jedem* or *jedermann*, 'to every one.' — 2. **die Störung,** 'disturbance,' 'derangement.' — 3. **Papierschnitzelchen,** 'little pieces of paper'; cf. *Schnitzelchen*, 'a little piece,' 'shred,' and *schnitzen*, 'carve,' 'cut.' — 4. **Metallflitter,** 'thin [glittering] metal plates'; cf. *Flittergold*, 'tinsel,' 'leaf gold.' — 5. **Holundermarkstückchen**; cf. *das Stückchen*, 'small piece'; *das Mark*, 'marrow,' 'pith'; *der Holunder*, 'elder tree.' — 6. **anziehen,** 'attract.' — 7. **abstossen,** 'repel.' — 8. **u. dgl. m.** = *und dergleichen mehr*, 'and so forth.'

29. 1. **jeweilig,** 'respective.' — 2. **der Bernstein,** 'amber'; in Latin *electrum*, from ἤλεκτρον akin to ἠλέκτωρ, 'the beaming sun.' — 3. Cf. note on 23, 5. — 4. **das Harz,** 'resin.' — 5. **nachweisen,** cf. note on 3, 7. — 6. Cf. note on 3, 2. — 7. Cf. note on 24, 3. — 8. Dative.

30. 1. **u. v. a.** = *und viele andere*, 'and many others.' — 2. **dielektrisch,** 'dielectric'; any substance or medium that transmits the electric force by a process different from conduction, as in the phenomena of induction; a non-conductor, separating a body electrified by induction, from the electrifying body. — 3. **Streng genommen,** literally 'taken strictly,' that is, 'strictly speaking,' or 'in the strict sense of the word.' — 4. Cf. note on 3, 2.

31. 1. Cf. note on 5, 6. — 2. **die Glasröhre,** 'glass tube,' 'glass rod.' — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. **die Glaselektricität,** 'vitreous electricity.' — 5. **die Harzelektricität,** 'resinous electricity.' — 6. This article forms part of a treatise found in *Das neue Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien.* Zweiter Band. *Physikalische Technologie.* — 7. **der Wendepunkt,** 'turning point.' — 8. **ehern,** 'brazen.'

32. 1. **hetzen,** 'hunt,' 'set upon.' **fangen,** 'catch,' 'capture.' **quälen,** 'torment.' **schälen,** 'peel.' **köpfen,** 'behead.' — 2. **angehen,** 'pass,' 'be endurable.' — 3. **sich gefallen lassen,** literally 'allow one's self to be pleased with,' that is, 'consent to,' 'put up with.' — 4. **der Riemen,** 'strap,' 'thong.' — 5. **die tückische Schlinge,** 'treacherous snare.' — 6. **den . . . Frosch**; cf. note on 3, 2. — 7. **der Hanswurst,** 'clown.'

33. 1. **an der** = *an welcher.* — 2. **eine Anzahl . . . Frösche,** 'a number of frogs which had been skinned for this purpose.' **abhäuten**; cf. *die Haut.* — 3. Dative. — 4. **müsse,** subjunctive of indirect discourse. — 5. **geraten,** 'get,' 'fall,' 'come.' *geraten* must be distinguished from *raten*, 'advise,' also 'guess,' and *erraten*, 'guess.'

34. 1. **zusammenzucken,** 'quiver.' From documents in the possession of the Institute of Bologna it appears that Galvani had been long before that time engaged in investigations as to the action of electricity upon the muscles of frogs. The observation that the sus-

pension of certain of these animals on an iron railing by copper hooks caused twitching in the muscles of their legs led him to the invention of his metallic arc, the first experiment with which is described in the third part of the *Commentary*, wherein it is registered September 20, 1786. The arc he constructed of two different metals, which, placed in contact the one with a nerve and the other with a muscle of a frog, caused contraction of the latter. — 2. **eine Anzahl . . . Erscheinungen**; cf. note on 3, 2. — 3. As a rule the verb is put in the plural when it has more than one singular noun for its subject; yet often by a familiar license of speech, it agrees with the one nearest it alone. — 4. **sich** (dative) **denken,** 'imagine.' — 5. Subjunctive of indirect discourse. — 6. **Leyden jar** or **Leyden phial,** a glass jar or bottle used to accumulate electricity. It is coated with tinfoil, within and without, nearly to its top, and is surmounted by a brass knob which communicates with the inner coating, for the purpose of charging it with electricity. It is so named from having been invented in Leyden, Holland. — 7. A German **Gymnasium** is a higher classical school which prepares directly for the universities. In some respects, as in the pursuit of Latin and Greek, which are required studies throughout the whole course, the *Gymnasium* is equal or superior to the best American colleges; on the other hand, no instruction at all is given in certain branches of science, for instance, in chemistry. To the English term 'gymnasium' corresponds the German *Turnplatz* or *Turnhalle*. — 8. **Francis II,** the last emperor of the Holy Roman Empire; in 1804 he proclaimed himself as Francis I, hereditary emperor of Austria, and this title has been retained by his successors. Francis died in 1835.

35. 1. **verlöten,** 'solder.' — 2. **der Rückenwirbel,** 'dorsal vertebra.'

36. 1. "The superlative is not, like the positive and comparative, used predicatively in its uninflected form; but for this is substituted an adverbial expression, formed with the preposition *an* and the definite article *dem* (dat. sing. neuter), contracted into *am*." Whitney's Grammar, § 140, 2 a. — 2. Supply *Wärme*. — 3. Cf. note on 3, 2.

37. 1. Cf. note on 3, 2.

38. 1. Accusative. — 2. Cf. note on 3, 2. — 3. Cf. note on 14, 1. — 4. Cf. note on 31, 6. — 5. **pflegen,** intransitive verb with an infinitive depending on it, 'be accustomed,' 'be wont'; **pflegen,** with genitive or accusative, 'take care of,' 'tend,' 'attend to.' — 6. Past participle used appositively.

39. 1. **ohne . . . zu suchen,** 'without seeking,' 'without looking for.' "Only three prepositions — namely, *um*, 'in order,' *ohne*, 'without,' *statt* or *anstatt*, 'instead' — are allowed in German directly to govern

the infinitive (preceded by its sign *zu*). They are placed at the beginning of the infinitive clause, preceding all the words dependent on or limiting the infinitive, which stands last, always with *zu* next before it, and which is ordinarily to be rendered (except after *um*) by our infinitive in *-ing*, thus *ohne euch schwer zu verklagen*, 'without accusing you sorely.'" Whitney's Grammar, § 346, 1. — 2. **Herrmann Boerhave,** one of the most celebrated physicians of his times, was born at Voorhout, near Leyden, in Holland, in 1668. He was appointed rector of the university of Leyden in 1714. His genius raised the fame of the university, especially as a school of medicine, so as to make it a resort of strangers from every part of Europe. In 1718 he delivered an inaugural discourse which contains the germs of his celebrated *Elements of Chemistry;* he died in 1738. — 3. **Peter von Muschenbroek,** a Dutch physicist, born at Leyden in 1692; he became personally acquainted with Isaac Newton in London, where he spent some time after finishing his studies at home; he died in 1761. — 4. Cf. note on 3, 2. — 5. **sich** (dative) **zurecht legen,** literally 'lay to rights,' 'lay in the right place,' that is, 'interpret,' 'expound.' — 6. **Dünste** is in the genitive plural, depending on *Entzündung*. — 7. Cf. note on 3, 2. — 8. **lassen,** 'cause.' A literal translation of the verb *lassen* with the infinitive active of a transitive verb depending upon it may generally be made by changing the latter to an infinitive passive, thus *er liess ein Haus bauen*, 'he caused a house to be built,' that is, 'he had a house built.' In connection with an intransitive verb the infinitive active remains of course unchanged, thus *ich liess ihn kommen*, 'I caused him to come,' that is, 'I had him come.' — 9. Cf. note on 24, 2.

40. 1. **die damit anzustellenden Versuche,** 'the experiments to be made with it.' "The passive voice of a transitive verb has one peculiar form, a kind of a future passive participle, formed from the present active participle, by putting *zu* before it: thus *zu liebend*. It implies a possibility or a necessity: thus *ein zu liebendes Kind*, 'a child to be loved,' *i.e.*, 'which may or should be loved.' It can only be used as an attributive adjective, and therefore hardly deserves to be called a participle. It is in reality a quite modern and anomalous derivative from an infinitive, answering attributively to the infinitive with *zu* taken predicatively, as, *das Kind ist zu lieben*, 'the child is to be loved,' *i.e.*, may or should be loved." Whitney's Grammar, § 278. It is evident from these remarks that the uninflected form in the predicate is *zu lieben*, and not *zu liebend;* in fact this latter form never occurs under any circumstances, but has been given above for the sake of convenience; since this so called future passive participle can only be used as an

attributive adjective, and attributive adjectives are always inflected, *i.e.*, have the endings *-e*, *-er* or *-es*, etc., some form to start from must be given and it seems appropriate to adopt the uninflected form *zu liebend*, although the latter never occurs, instead of *der zu liebende* or *ein zu liebender* or *das zu liebende*, etc., etc. — 2. **Jean Antoine Nollet,** French physicist, was born at Pimprèz (now in Oise) in 1700 and died at Paris in 1770. — 3. Supply *Electricität*, and cf. note on 3, 2. — 4. **eine Zeit lang,** 'for a time,' to be distinguished from *eine lange Zeit*, 'a long time.' The adverb *lang* often follows an accusative expressing duration of time; other adverbs, especially those of direction or motion, may follow an accusative of space, thus *die Treppen hinauf*, 'up the stairs.' — 5. "The personal verb itself is sometimes placed first in the sentence by inversion, with the effect of emphasizing the predication — that is to say, of strengthening or impressing the general force of the assertion made. In such an inversion the verb is usually followed by *doch*, 'though'; much less often by *ja*, 'surely'; but neither of these particles is absolutely necessary; thus *hab' ich dich doch mein' Tage nicht gesehen*, 'surely I never saw you in my life.'" Whitney's Grammar, § 431, g.

41. 1. The infinitive depending on *vermögen*, 'be able,' 'have the power,' is preceded by *zu*, while *mögen* and the other modal auxiliaries govern the infinitive without *zu*. — 2. **nehmen wir an,** 'let us suppose.' — 3. Dative.

42. 1. The verb *wollen* often denotes a claim or assertion, thus *man will beobachtet haben*, 'they claim to have observed.' — 2. **je nachdem,** 'according to circumstances.' — 3. Cf. note on 5, 6.

43. 1. **der Rückschlag,** literally 'back-stroke,' that is, 'recoil,' 'rebound.' — 2. Cf. note on 2, 3. — 3. Cf. note on 1, 4.

44. 1. Cf. note on 14, 1. — 2. Cf. note on 2, 3. — 3. Cf. note on 34, 6. — 4. **bequemer,** adverb, 'more conveniently.'

45. 1. **anschlagen,** 'sound,' 'ring'; why not *schlugen an?* — 2. **schwängern,** 'impregnate.'

46. 1. Cf. note on 14, 2. — 2. Cf. note on 41, 2. — 3. Subjunctive of indirect discourse. — 4. **angelangen,** 'arrive'; cf. note on 2, 3. — 5. **je nach,** 'according to.'

47. 1. **die Berghalde,** 'hill side.' — 2. **geschichtet,** 'stratified'; cf. *die Schichte*, 'stratum.' — 3. **Belemnite** (*βέλεμνον*, a 'dart,' from *βάλλειν*, 'to throw') is a conical calcareous fossil, tapering to a point at the lower extremity, with a conical cavity at the other end, where it is ordinarily broken; but when perfect it contains a small chambered cone, called the phragmocone, prolonged, on one side, into a delicate concave blade. It is the internal shell of a cephalopod related to the

sepia, and belonging to an extinct family. The belemnites are found in rocks of the Jurassic and Cretaceous ages. — 4. **das Wetterleuchten,** 'sheet lightning.' — 5. **der Querschnitt,** 'cross cut,' 'cross section'; cf. *quer* 'transverse,' 'across,' and *schneiden*, 'cut.' — 6. **harzig,** 'resinous.'

48. 1. Cf. note on 28, 8. — 2. **auffallen,** 'be surprising.' — 3. **die Rinde,** 'bark'; cf. the English *rind.* — 4. **der Splint,** 'sapwood,' 'alburnum.' — 5. **verglasen,** 'vitrify.' — 6. **die Blitzröhre,** 'fulgurite' (Latin *fulguritus*, past participle of *fulgurire*, to strike with lightning, from *fulgur*, lightning). — 7. **röhrenförmig,** 'tubular'; cf. *die Röhre*, 'tube.' — 8. Cf. note on 14, 1 and 42, 1. — 9. Subjunctive of indirect discourse. — 10. **sollen** is often used to report something that is based on the authority of others or is asserted by them, thus *er soll es gesagt haben*, 'he is claimed to have said it,' 'people assert he has said it.' Cf. the correlative use of *wollen* on note 42, 1. — 11. **bald — bald,** 'now — then.'

49. 1. **einbrennen,** 'burn in,' 'brand.' — 2. Cf. note on 42, 1. — 3. **einätzen,** 'etch in.' — 4. Cf. note on 13, 2. — 5. **die Beobachtung . . . mag . . . Vorkehrungen haben treffen lassen,** 'the observation . . . may . . . have caused measures to be adopted,' 'the observation . . . may . . . have led to the adoption of measures.' Cf. note on 14, 1 for *haben . . . lassen* instead of *haben . . . gelassen*, and note on 39, 8 for the change of the infinitive active to the infinitive passive. — 6. **Numa Pompilius,** the second of the legendary kings of Rome, supposed to have reigned from 715 to 672 B.C. **Tullus Hostilius,** the third legendary king of Rome, is represented as having reigned from 672 to 638 B.C. — 7. Cf. note on 48, 10.

50. 1. Cf. note on 3, 2. — 2. **Ktesias,** a Greek historian, lived during the end of the fifth and the beginning of the fourth century B.C. — 3. Subjunctive of indirect discourse. — 4. **der Lorbeerhain,** 'laurel grove.' — 5. Cf. note on 48, 10. — 6. **Es**; cf. note on 14, 2. — **liessen sich . . . anführen,** 'might be mentioned'; cf. note on 1, 4. The subjunctive is generally used in a hypothetical period both in the clause expressing the conclusion (apodosis) and in the sentence stating the condition (protasis), thus *es hätte mich gefreut, wenn ich ihn gesehen hätte*, 'it would have pleased me if I had seen him.' The conclusion or the condition is often not expressed, but may be readily inferred from the connection, or it is expressed otherwise than by a hypothetical clause, as in the clause (line 16 to 18) *indessen wollen wir . . . zuwenden*, 'however, we wish to devote . . .'; the same idea might have been expressed by a conditional clause, thus *wenn wir nicht . . . zuwenden*

wollten, 'if we did not wish to devote . . .' — 7. Dative; cf. note on 3, 2. — 8. Cf. note on 46, 5.

51. 1. **eine entsprechende Wirkung,** 'a corresponding effect,' is in the accusative; inverted order. — 2. **ausstrahlen,** 'radiate,' 'emit light.' — 3. **der Lichtbüschel,** 'pencil of rays.' — 4. **St. Elmsfeuer,** 'Saint Elmo's fire.' It is a luminous, flame-like appearance, sometimes seen in dark, tempestuous nights, at some prominent point on a ship, particularly at the masthead and the yardarms. It has also been observed on land, and is due to the charge of electricity from elevated or pointed objects. — 5. **der Turmknopf,** 'ball on the top of a steeple.' — 6. **die Dachrinne,** 'gutter,' 'eaves trough.' — 7. **Castor** and **Pollux,** in Greek and Roman mythology, were twins, and according to one version, the sons of Jupiter and Leda; according to another account Pollux alone was the son of Jupiter; Castor's father was mortal. Pollux, finding his brother dead after a battle, implored Jupiter to be allowed to die with him. Jupiter, according to the legend, gave Pollux the choice to live alone in Olympus forever, or that he and his brother should on alternate days live in Olympus and in Hades. Pollux chose the latter proposal. **Helena,** in Greek mythology the sister of Castor and Pollux, the wife of Menelaus, king of Sparta, was according to Homer obliged by Aphrodite to flee with Paris to Troy; after the Trojan war she returned with Menelaus to Sparta. — 8. It is more probable that the name is derived from St. Elmo, the patron saint of sailors.

52. 1. **auftauchen,** literally 'emerge'; in this connection 'appear'; infinitive used as a noun. — 2. **einleuchten,** 'be clear,' 'be obvious.' — 3. **sich . . . angelegen sein lassen,** 'be interested in . . .' — 4. **herummäkeln an . . .,** 'carp at . . .'

53. 1. Supply *lassen* from line 26. — 2. Cf. note on 14, 1 and 39, 8.

54. 1. **Frederick William II,** king of Prussia, nephew of Frederick the Great, reigned from 1786 to 1797. — 2. **Sanssouci,** a palace of the Prussian kings, to the west of the Brandenburg gate of the city of Potsdam, famous as the favorite residence of Frederick the Great who died there.

The Steam Engine.

55. 1. **die Spannkraft,** 'expanding force,' 'expansion'; cf. *spannen*, 'span,' 'strain,' 'stretch.' — 2. **der Dampfkessel,** 'boiler'; cf. *der Kessel*, 'kettle.' — 3. **der Kolben,** 'piston.' — 4. **die Kolbenstange,** 'piston rod.' — 5. Cf. note on 22, 9. — 6. Cf. note on 11, 6.

56. 1. **der Dampfstrahl,** 'jet of steam.' — 2. **das Schaufelrad,** 'paddle wheel,' 'water wheel'; cf. *die Schaufel*, 'shovel.' — 3. **Denis Papin,** French physicist, and one of the inventors of the steam engine, was born at Blois in 1647. In November, 1687, he was appointed to the chair of mathematics in the university of Marburg, Germany, and there he remained till 1696, when he removed to Cassel. He suggested that the condensation of steam should be employed to make a vacuum under a piston previously raised by the expansion of the steam. Papin's was the earliest cylinder and piston steam engine, and his plan of using steam was that which afterward took practical shape in the atmospheric engine of Newcomen. Papin died in total obscurity, probably about the beginning of 1712. — 4. Cf. note on 24, 3. — 5. **die Saugpumpe,** 'suction pump.' — 6. **die Klappe,** 'valve.' — 7. **Robert Hooke,** an original and ingenious experimental philosopher, was born at Freshwater, on the Isle of Wight, in 1635; he died in 1703. — 8. **das Sicherheitsventil,** 'safety valve'; cf. *sicher*, 'safe,' 'secure.' — 9. **Thomas Newcomen,** one of the inventors of the steam engine, was a native of Devonshire, and was born about the middle of the seventeenth century. About 1711 Newcomen's engine began to be introduced for pumping mines; and in 1713 a boy named Humphrey Potter, whose duty it was to open and shut the valves of the engine he attended, made the engine self-acting by causing the beam itself to open and close the valves by suitable cords and catches. Potter's rude device was simplified in 1718 by Henry Beighton, who suspended from the beam a rod called the plug tree, which worked the valves by means of tappets. By 1725 the engine was in common use in collieries, and it held its place without material change for about three quarters of a century. Newcomen died about 1713. — 10. **geradlinig,** 'rectilineal.' — 11. **das Pumpengestänge,** 'pump rods.'

57. 1. **der Brennstoffverbrauch,** 'consumption of fuel'; cf. *brennen*, 'burn'; *der Stoff*, 'matter,' 'material'; *brauchen*, 'use,' *verbrauchen*, 'consume.' — 2. Cf. note on 31, 6. — 3. **so von selbst,** 'of himself,' 'unaided.' — 4. Cf. note on 14, 2. — 5. **gleichergestalt,** 'in like manner,' 'likewise'; cf. *gleich*, 'like,' and *die Gestalt*, 'form,' 'shape.' Adverbial phrases are often formed by the combination of a noun and an adjective, generally in the genitive. — 6. **dereinst,** 'at some future time.' — 7. **kraft,** preposition governing the genitive, 'by virtue of.'

58. 1. Watt tried to establish himself as an instrument maker in Glasgow, but the city guilds would not recognize a craftsman who had not served the full term of common apprenticeship, and he was forbidden to open shop in the burgh. The college, however, took him under

its protection, and in 1757 he was established in its precincts with the title of *Mathematical-instrument Maker to the University.* — 2. **Adam Smith,** one of the most famous political economists, was born at Kirkcaldy in Fifeshire, Scotland, in 1723. His great work, *Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, appeared in 1776. In 1787 he was elected lord rector of the University of Glasgow. He died in 1790. — 3. **anscheinend,** adverb, 'apparently.' — 4. **was . . . liess,** 'what could be made of it.' — 5. **machten,** 'were the cause.' — 6. **anhaltender,** adverb, 'more continuously,' 'more perseveringly'; cf. *anhalten*, 'hold to,' 'stick to.'

59. 1. **ausser Gang kommen,** 'get out of order.' — 2. **richtiger,** adverb, 'more correctly (speaking).' — 3. **auftragen,** 'commission.' — 4. **stehen bleiben,** literally 'remain standing,' that is, 'stop.' — 5. **dadurch,** literally 'therethrough,' 'thereby,' that is, 'in view of the fact.' — 6. **einspritzen,** 'inject.' — 7. **der Kolbenhub,** 'stroke of the piston.' — 8. Cf. note on 3, 2. — **was,** 'a fact which.' — 10. **nach sich ziehen,** literally 'draw after one's self,' that is, 'bring about,' 'cause.' — 11. While engaged in repairing a model of Newcombe's engine, Watt was struck with the waste of steam to which the alternate chilling and heating of the cylinder gave rise. He saw that the remedy would lie in keeping the cylinder as hot as the steam that entered it. With this view he added to the engine a new organ — an empty vessel separate from the cylinder into which the steam should be allowed to escape from the cylinder, to be condensed there by the application of cold water either outside or as a jet. To preserve the vacuum in his condenser he added a pump called the air-pump, whose function was to pump from it the condensed steam and water of condensation as well as the air which would otherwise accumulate by leakage or by being brought in with the steam or with the injection water. Then as the cylinder was no longer used as a condenser, he was able to keep it hot by clothing it with non-conducting bodies, and in particular by the use of a *steam jacket* or layer of hot steam between the cylinder and an external casing. Further, and still with the same object, he covered in the top of the cylinder, taking the piston-rod out through a steam-tight stuffing box, and allowed steam instead of air to press upon the piston's upper surface. — 12. **münden,** 'terminate.'

60. 1. **die Stoffbüchse,** 'stuffing box.' — 2. **sog.** = *sogenannt*, 'so-called.' — 3. **absperren,** 'lock out,' 'exclude.' — 4. **das Brennmaterial** = *der Brennstoff;* cf. note on 57, 1. — 5. In a second patent (1781) Watt describes the "sun and planet" wheels and other methods of making the engine give continuous revolving motion to a shaft provided with a

fly-wheel. He had invented the crank and connecting rod for this purpose, but it had meanwhile been patented by one Pickard, and Watt, rather than make terms with Pickard, whom he regarded as a plagiarist of his own ideas, made use of his sun-and-planet motion until the patent on the crank expired. The reciprocating motion of earlier forms had served only for pumping; by this invention Watt opened up for the steam engine a thousand other channels of usefulness. The engine was still single acting; the connecting rod was attached to the far end of the beam, and that carried a counterpoise which served to raise the piston when steam was admitted below it. — 6. **Balancier,** 'beam.'

61. 1. Cf. note on 55, 4. — 2. **Segment,** a piece in the form of the sector of a circle, or part of a ring, as the segment of a sectional fly-wheel or fly-wheel rim. **die Gelenkkette,** 'pitch chain'; *i. e.* a chain made of metallic plates, adapted for working with a sprocket wheel. — 3. **die Pleuelstange,** 'connecting-rod.' — 4. **die Kurbel,** 'crank.' — 5. **das Schwungrad,** 'fly wheel.' — 6. **der Centrifugalregulator,** 'centrifugal governor.' — 7. **der Dampf,** 'steam'; **die Verteilung,** 'distribution'; **der Mechanismus,** 'mechanism,' 'appliance.' — 8. **der Hähne,** genitive plural (depending on **an die Stelle)** of **der Hahn,** 'stop-cock.' **der Schieber,** 'slide valve'; cf. *schieben,* 'shove,' 'push,' 'slide.' **an die Stelle . . . treten,** literally 'step in the place,' that is, 'take the place.' — 9. **anbringen,** 'apply.' — 10. **Wenngleich** = *obgleich* = *obschon* = *wenn auch,* 'although.' — 11. **man** is the subject of *treiben könne.* — 12. **man** is the subject of *auspuffen liesse.* — 13. **der Wegfall,** 'omission.'

62. 1. **Oliver Evans** was born at Newport, Delaware, in 1755. About 1780 he discovered the application of steam to land carriages, and in 1786 endeavored to obtain a patent for his invention from the state of Pennsylvania. His request was considered too absurd to merit consideration. It was granted, however, in 1797 by the state of Maryland. Meantime he had made use of the engine he had invented, the first constructed on the high-pressure principle, for his flour mill. Evans died in 1819. — 2. **schmiedeeisern,** 'wrought iron.' — 3. **der Röhrenkessel,** 'tubular boiler'; cf. *die Röhre,* 'tube.' — 4. **Richard Trevithick** was descended from a family of great antiquity in the county of Cornwall, England, and was born in the parish of Illogan in 1771. On the death of his father he succeeded him as leading engineer in the Cornish mines. About 1798 he perfected a high-pressure non-conducting steam engine, which became a successful rival of the low-pressure steam-vacuum engine of Watt. On Christmas eve, 1801, his common-road locomotive carried the first load of passengers ever con-

veyed by steam. In 1803 his locomotive was run in the streets of London from Leather Lane by Gray's Inn Lane and along Oxford street to Paddington, the return journey being made by Islington. The cost was, however, found too great. He died in 1833. — 5. **gedrängt,** 'compact'; cf. *drängen,* 'press,' 'crowd.' — 6. **so inventiös,** 'as ingenious as,' 'however ingenious.' — 7. **zunächst,** 'chiefly.' — 8. **namhaft,** 'worth naming,' 'considerable.' **die Zugkraft,** 'tractive power,' 'traction.' — 9. **die chaussierten Wege,** 'highroads,' 'causeways'; *chaussiert* is derived from the French and related to *chaussée;* cf. the English *cause* in *causeway.* — 10. **das Kohlenwerk** or **Kohlenbergwerk,** 'colliery.' — 11. **das Fortkommen,** 'progress,' 'success.' — 12. **nachsuchen,** 'apply for.' — 13. **das Schienengleise,** 'line of rails,' 'railroad track.' — 14. **der Fachmann,** 'specialist.'

63. 1. **siechen,** 'languish.' — 2. **bei,** 'considering,' 'in view of.' — 3. **doch,** 'at all events,' 'at any rate,' 'after all.' — 4. **bei . . . Lokomotive,** 'considering the weight of the locomotive, which at all events was not inconsiderable.' — 5. **zur Wirkung kommen lassen,** literally 'allow to come into activity or action,' that is, 'put in operation,' 'bring about,' 'effect,' 'realize.' — 6. **Tyne,** a river in the northeast of England, is formed by two branches, the North Tyne, rising in the Cheviots on the borders of Roxburgh, and the South Tyne, rising at Tynehead Fell, at the southeastern extremity of Cumberland. The coal trade of the Tyne is the most important in England, and for its general shipping trade the river ranks next in importance to the Thames and the Mersey. The principal ports are Newcastle and North and South Shields, but below Newcastle the river is everywhere studded with piers and jetties. — 7. **der Bergmann,** 'miner.'

64. 1. **der Heizer,** 'stoker,' 'fireman.' — 2. Cf. note on 2, 3. — 3. **von hier ab,** literally 'down from here,' that is, 'from his low position (as a stoker).' — 4. **sich emporschwingen,** 'rise,' 'ascend.' — 5. **zeitig,** 'early,' 'soon.' The past participle *verheiratet* is in apposition to *ihm.* — 6. **ward ihm der Stolz** = *er konnte seinen Stolz darin setzen,* 'he could take a pride in.' On *Stolz* depend the infinitives *machen zu können,* and on the latter depends the accusative *seinen Sohn Robert.* — 7. **sich kund geben,** 'make itself known,' 'manifest itself.' — 8. **der Leiter,** 'leader,' 'manager.' — 9. **die Grube,** 'pit,' 'mine'; cf. *graben,* 'dig.' — 10. **der Verschiffungsplatz,** 'place for shipment,' 'pier,' 'shipping port.' — 11. **die Steigung,** 'ascent.' — 12. **Kilometer** = 1000 meters = 3280.8 feet = 0.62137 of a mile. — 13. **der Feuerraum,** 'fire-box.' — 14. **durchziehen,** 'pass through.' — 15. **als,** 'in the shape of.' — 16. **die Esse,** 'chimney,' 'smokestack.'

65. 1. **unbefangen,** 'unprejudiced,' 'impartial.' — 2. **so ohne weiteres,** 'without further effort,' 'all at once.' — 3. **doch,** 'to be sure'; cf. note on 40, 5. — 4. **Kg.** = *Kilogramm*. The kilogram = 1000 grams = 2.2046 pounds avoirdupois. — 5. **um welche es sich handelte,** 'which were concerned.' — 6. **sie,** accusative, refers to *Verteuerung*. — 7. **im Gefolge haben,** 'be attended with.' — 8. **die Rede ist von . . .,** literally 'the talk is about . . .,' that is, 'the question is about . . .' **Von einer Verteuerung konnte nicht die Rede sein,** 'the question could not be about an increase of expense,' 'an increase of expense was out of question.' — 9. **das Eigengewicht,** 'dead weight,' 'specific weight.' — 10. **die Verkuppelung,** 'coupling,' 'fastening together.' — 11. **Stockton-on-Tees,** a municipal and parliamentary borough and seaport of Durham, on the borders of the North-Riding of Yorkshire, is situated on the river Tees, 20 miles south-southeast of Durham. The population of the municipal borough is about 42,000. — 12. **Darlington,** a parliamentary and municipal borough, parish, and township of England, in the southern division of the county of Durham, is situated on the main line of the North-Eastern Railway, 39 miles south of Newcastle and 253 miles north of London. — 13. **der Aktionär,** 'shareholder.'

66. 1. **ausstatten,** 'equip.' — 2. **die Maschinenanstalt,** 'machine shop.'

67. 1. **Liverpool** is situated on the right bank of the estuary of the Mersey, about three miles from the open sea. The city has a population of more than 600,000 inhabitants. Its commerce extends to every part of the world, but probably the intercourse with America stands preëminent, there being five lines of steamers to New York alone, besides lines to Philadelphia, Boston, etc. — 2. **Manchester,** a city whose industries are famous throughout the civilized world, is situated in the southeastern corner of Lancashire. The opening of the Manchester and Liverpool railway in 1830 marked an important epoch in the history of modern industry, and since that time Manchester has gradually been connected by rail with every part of the kingdom. The enormous traffic by this means has not, however, entirely superseded the use of the canals which played so important a part in the cotton industry. The city of Manchester and the borough of Salford have together a population of about 800,000 persons. — 3. **Francis Egerton,** third duke of Bridgewater, has sometimes been styled "the Father of British Inland Navigation." He was born in 1736.

68. 1. The subject of the clause introduced by **Dass** is **die . . . Maschinen.** — 2. **auf der Hand liegen,** 'be evident.' — 3. The adaptation of the steam engine to railways, begun by Trevithick, became a

success in the hands of George Stephenson, whose engine, the *Rocket*, when tried along with others on the Stockton and Darlington road in 1829, not only distanced its competitors, but settled once for all the question whether horse traction or steam traction was to be used on railways. The principal features of the *Rocket* were an improved steam blast for urging the combustion of coal, and a boiler in which a large heating surface was given by the use of many small tubes through which the hot gases passed. Further, the cylinders, instead of being vertical as in earlier locomotives, were set in at a slope, which was afterwards altered to a position more nearly horizontal. To these features there was added later the "link motion" (see p. 74, l. 1 and note), a contrivance which enabled the engine to be easily reversed and the amount of expansion to be readily varied. In the hands of George Stephenson and his son Robert the locomotive took a form which has been in all essentials maintained by the far heavier locomotives of to-day. — 4. **die Heizfläche,** 'heating surface.'

69. 1. **dem entsprechend,** 'correspondingly.'— 2. Cf. note on 1, 4.— 3. Cf. note on 65, 8. — 4. Cf. note on 65, 7. — 5. **der Rost,** 'grate.'— 6. **liefern,** 'supply.'— 7. **War auch das Princip . . .,** 'although the principle . . . was.' It has been said before (note on 5, 6) that in a conditional sentence in the inverted order the conjunction *wenn*, 'if,' is understood; therefore, when *auch* occurs in such a sentence, we really have the combination *wenn auch*, 'although.' — 8. **das Dampfblaserohr,** 'blast pipe,' 'steam blast.' — 9. **hatten . . . andere . . . geschenkt,** 'although others had given'; *auch* (line 26) is understood; cf. note 7 above.

70. 1. **in Betrieb setzen,** 'work,' 'set to work.'

72. 1. **Beförderungsweise,** 'way of forwarding,' is the subject of *gewährte*, 'afforded' (line 17).

73. 1. **damalig,** 'of that time,' 'then.' — 2. **schwer ins Gewicht fallen,** literally 'be very heavy,' that is, 'be of very great importance.' — 3. **kröpfen,** 'bend at right angles.' — 4. **die Steuerung,** 'distributing regulator,' 'governor.' — 5. **die Ausnutzung,** 'utilization.'

74. 1. **die Coulissensteuerung,** 'link motion'; cf. note on 68, 3. *Coulisse* (French *coulisse*, from *couler*, 'flow,' 'glide,' 'slide'); *steuern*, 'steer,' 'guide.' — 2. **der Eilzug,** 'express train'; cf. *eilen*, 'hasten. — 3. **der Lastzug,** 'freight train'; cf. *die Last*, 'load,' 'burden.' — 4. **die Bodenverhältnisse,** 'conditions of the soil.' — 5. Cf. note on 3, 2. — 6. **die Wasserscheide,** 'water shed.' — 7. Supply *als man* after *und*. — 8. **die Krümmung,** 'bend,' 'curvature.' — 9. **Semmering** or **Semering,** a ridge of mountains near the boundary lines of the prov-

inces of Lower Austria and Styria. The railroad leads from Gloggnitz (1320 feet) in Lower Austria to Mürzzuschlag (2050 feet above the sea) in Styria, and is 57 kilometers long. It is one of the boldest and grandest railroad structures in Europe, in the midst of the most magnificent and romantic surroundings. It contains 15 tunnels and as many colossal viaducts. Forming an integral part of the Austrian Southern Railroad it connects Vienna with Triest on the Adriatic Sea. — 10. **der Centner,** 'hundredweight,' 'hundred pounds.'

75. 1. **Mont Cenis** or Monte Cenisio, a mountain pass of the Alps, between Savoy and Piedmont. The culminating point of the pass reaches an elevation of 6775 feet above the sea. Over the pass a road was constructed (1803–1810) under Napoleon's orders at an expense of $1,500,000. Near the pass a railway tunnel, seven and one-half miles long, was finished in 1870. — 2. **die Zahnstange,** 'rack.' *Zahnstange und Getriebe,* 'rack and pinion.' — 3. **eingreifen,** 'catch,' 'interlock.' — 4. **das Zahnrad,** 'cog-wheel.' — 5. **um** belongs to the infinitives **zu beseitigen** (line 32) and **zu lassen** (line 33). — 6. **wenn ja einmal,** 'if ever, to be sure,' 'if ever indeed.' The particle *ja* often merely adds force to another particle or to the verb.

76. 1. **die Platte,** 'plate,' 'sheet of metal.' — 2. **die Legierung,** 'alloy.' — 3. **das Kegelventil,** 'conical valve.' — 4. Supply **wird** (line 10) after **belastet.** — 5. On **Gewalt** depends the infinitive **zu können** (line 13). — 6. **der Hebel,** 'lever'; cf. *heben,* 'lift,' and French *lever,* 'lift,' 'raise.' — 7. **gemäss,** 'according to,' may precede or follow the governed noun. — 8. **das Bedenken,** 'doubt.' — 9. **preisgegeben,** 'if exposed'; cf. note on 20, 1. — 10. **verloren gehen,** 'be lost.' — 11. Cf. note on 3, 2. — 12. **der Kesselstein,** 'fur.' — 13. **eintreten,** 'take place,' 'occur.'

77. 1. Cf. note on 74, 1. — 2. **übereinstimmen,** 'agree,' 'correspond.' — 3. **liegend,** literally 'lying,' that is, 'horizontal.' — 4. **das Excentrik** or *das Excenter,* 'eccentric.' A disk or wheel so arranged upon a shaft that the center of the wheel and that of the shaft do not coincide. It is used for operating valves in steam engines and for other purposes. The motion derived is precisely that of a crank having the same throw. — 5. **die Schieberstange,** 'valve rod,' 'eccentric shaft'; cf. *schieben,* 'shove,' 'push,' and *die Stange,* 'pole,' 'bar,' 'rod.' — 6. Cf. note on 20, 1.

78. 1. Cf. note on 59, 10. — 2. **aufheben,** 'annul,' 'nullify,' 'destroy.' — 3. Cf. note on 76, 13. — 4. **abgeben,** 'perform.'

79. 1. **vorwiegend,** 'chiefly.' — 2. **das Eisenblech,** 'sheet-iron.' — 3. **das Stahlblech,** 'sheet steel,' 'spring-steel plates.' — 4. Cf. note on

12, 2. — 5. **das Zubehör,** 'appurtenance.' — 6. **die Anlage,** 'arrangement,' 'making.'

81. 1. **der Russ,** 'soot.' — 2. **der Rost,** 'rust.' — 3. Cf. note on 76, 12.

Geology.

82. 1. The following pages (sections I, II, and III) form part of a treatise on geology, written by Dr. Eberhard Fraas, and published in the *Sammlung Göschen*, 2d edition, Stuttgart, 1892. — 2. **das Untersuchungsgebiet,** 'department of research'; cf. *suchen*, 'seek,' 'look for,' *untersuchen*, 'examine,' 'search into,' and *das Gebiet*, 'domain,' 'sphere.' — 3. **pflanzlich,** 'vegetable'; cf. *die Pflanze*, 'plant.' — 4. **in Betracht ziehen,** 'take into consideration.' — 5. Cf. note on 14, 2. — 6. Subjunctive of indirect discourse. — 7. Cf. note on 14, 2.

83. 1. **der Kreislauf,** 'revolution,' 'rotation.' — 2. **die Abplattung,** 'flattening,' 'oblateness'; cf. *platt*, 'flat,' 'oblate.' — 3. **weichen,** 'give way,' 'make room.' — 4. **die Erstarrung,** 'congelation,' 'solidification.' **die Kruste,** 'crust.' — 5. **Geysers** exist at the present time in many volcanic regions, as in the Eastern Archipelago, Japan, and South America; but the three localities where they attain their highest development are Iceland, New Zealand, and the Yellowstone Park region. In the latter locality they are numerous, and some of them very powerful, throwing jets of boiling water and steam to a height of 200 feet. The very name *Geyser* indicates the historical priority of the Icelandic group. It is an old Icelandic word — *geysir* = *gusher* (cf. German *giessen*) — from the verb *geysa*, itself a derivative of *gjosa*, 'gush.' In native use it is the proper name of the *Great Geyser*, and not an appellative. — 6. **das Bohrloch,** 'blast hole,' 'bore hole.' — 7. **überhitzen,** 'overheat,' 'superheat.' — 8. **vor sich gehen**; cf. note on 5, 4. — 9. **die Petrographie,** 'petrography' (*πέτρα*, akin to *πέτρος*, 'stone,' *γράφειν*, 'write,' 'describe').

84. 1. **die Gemengteile,** 'ingredients (of a mixture)'; cf. *mengen*, 'mix,' 'mingle.' — 2. **der Bestandteil,** 'constituent part'; cf. *bestehen*, 'consist of,' 'be composed of.' — 3. **massgebend,** 'determinative,' 'conclusive.' — 4. **auftreten,** 'appear.' — 5. **Genese,** 'genesis,' 'formation,' 'origination' (*γένεσις*, from *γίγνεσθαι*, 'beget,' 'be born'). — 6. Cf. note on 83, 9. — 7. Cf. note on 60, 2. — 8. Cf. note on 47, 2. — 9. **wässerig,** 'aqueous' (Latin *aqua*, 'water'). Aqueous rocks are such as are deposited from water and lie in strata, opposed to volcanic rocks which

are of igneous origin. — 10. **klastisch,** 'fragmental,' 'clastic' (κλαστός, 'broken,' from κλᾶν, 'break').

85. 1. **verkittet,** 'cemented'; cf. *der Kitt,* 'cement,' 'putty.' — 2. **der Gletscher,** 'glacier' (Latin *glacies* and French *glace,* 'ice'). — 3. **der Faktor,** 'agent,' 'factor' (Latin *factor,* 'a doer,' from *facere,* 'do,' 'make'). — 4. **die Diluvialzeit,** 'diluvial epoch.' *Diluvial* (effected by a deluge) is a term applied to coarse and imperfectly stratified deposits along ancient or existing water courses. Similar unstratified deposits were formed by the agency of ice. — 5. **die Kieselsäure,** 'silicic acid,' 'silicon dioxide'; cf. *der Kiesel,* 'pebble,' 'flint stone.' — 6. **der Schiefer,** 'slate'; an argillaceous rock which readily splits into thin plates; its color is bluish or blackish gray, sometimes greenish gray, etc. — 7. **der Porphyr,** 'porphyrite,' 'porphyry' (πορφυρίτης, 'like purple,' from πορφύρα, 'purple'); a rock with a porphyritic structure, that is, characterized by the presence of distinct crystals, as of *feldspar, quartz,* or *augite,* in a relatively fine-grained base. — 8. **der Diorit,** 'diorite'; an igneous rock, crystalline in structure; it includes part of what was called *greenstone.* — 9. **der Thonschiefer,** 'clay slate.' — 10. **der Hohlraum,** 'cavity'; cf. *hohl,* 'hollow.' — 11. **der Gang,** 'vein,' 'lode,' 'dike'; a wall-like mass of mineral matter filling up rents or fissures in the original strata. In the language of miners the meaning of *vein* is limited to a mineral vein or lode, that is, to a vein which contains useful minerals or ores. — 12. **auskrystallisieren,** 'crystallize entirely.' — 13. **der Bergkrystall,** 'rock crystal,' 'mountain crystal'; any transparent crystal of quartz, particularly of limpid or colorless quartz. This is the mineral to which the word *crystal* was first applied by the ancients. — 14. **der Quarzit,** 'quartzite'; called also *quartz rock,* a compact rock consisting of quartz and often appearing granular. — 15. **der Kieselschiefer,** 'flinty slate,' 'siliceous slate.' — 16. **der Feuerstein,** 'flint stone,' 'flint'; a massive, somewhat impure variety of quartz, of dark shades of smoky gray, brown, or even black, and feebly translucent. It breaks with sharp cutting edges; it is very hard, and strikes fire with steel; formerly much used, especially in the hammer of gunlocks. — 17. **der Hornstein,** 'hornstone'; a siliceous stone, a variety of quartz, closely resembling *flint,* but more brittle. — 18. **der Jaspis** (ἴασπις), 'jasper'; a dull red or yellow siliceous rock, containing some clay and yellow or red oxide of iron, breaking with a smooth surface; it admits of a high polish. — 19. **die Kalkformation,** 'calcareous formation'; cf. *der Kalk,* 'lime.' — 20. **der Opal,** 'opal'; a mineral consisting, like quartz, of silica, but inferior to quartz in hardness and specific gravity. — 21. Cf. note on 60, 2. — 22. **der Kieselsinter,** 'siliceous sinter'; a loose porous siliceous

rock usually of grayish color; it is deposited around the geysers of Iceland; cf. *sinter*, that is, the scale which flies from iron when hammered. — 23. Cf. note on 84, 4. — 24. **die Verwitterung,** 'weathering,' 'decomposition,' 'disintegration'; in geology the action of the elements on a rock in altering its color, texture, or composition, or in rounding off its edges.

86. 1. **der Brauneisenstein,** 'brown iron ore,' 'brown hematite'; the hydrous iron oxide, 'limonite,' which has a brown streak. This is an abundant ore in the United States. — **das Rasenerz,** 'meadow iron ore,' a kind of 'limonite' (λειμών, 'meadow'), cf. German *der Rasen*, 'turf,' 'grassplot.' — **das Bohnerz** or **Eisensumpferz,** 'bog iron ore'; a loose earthy ore of iron found in boggy or swampy (German *sumpfig*) land of a brownish-black color. — **der Roteisenstein,** 'red hematite'; an important ore of iron, the 'sesquioxide,' so called because of the red color of the powder; 'hematite'= *αἱματίτης*, 'blood-like' (from *αἷμα, αἵματος*, 'blood'), also called 'specular iron' or 'bloodstone.' It occurs in splendent rhombohedral crystals and in massive and earthy forms; the last is called *red ocher*. — **der Eisenoolith,** 'oölitic iron ore,' 'ferruginous oölite' (*ᾠόν*, 'egg' + *lite* from λίθος, 'stone'); it is so named from its resemblance to the roe (German *Rogen*) of a fish, therefore sometimes called in German *Eisenrogenstein;* it is a variety of limestone, consisting of small round grains resembling the roe of a fish. — 2. **der Magneteisenstein,** 'magnetite'; an oxide of iron occurring in isometric crystals, also massive, of a black color and metallic lustre. It is readily attracted by a magnet, and sometimes possesses polarity, being then called *loadstone*. It is an important iron ore, called also *magnetic iron*. The loadstone is called *magnes* by Pliny, the Roman naturalist (died in 79 A.D.), from the name of the country, *Magnesia*, a province of ancient Lydia, where it is supposed to have been originally found. There are other derivations of the word of about the same degree of certainty. — 3. **der Spateisenstein** or **der Eisenspat,** 'spathic iron,' 'sparry iron,' 'siderite' (*σιδηρίτης* 'of iron,' from *σίδηρος*, 'iron'); a carbonate of iron, an important ore occurring generally in cleavable masses, but also in rhombohedral crystals. It is of a light, yellowish brown color. *Spar* (*spathic*) is an old name for a non-metallic mineral, usually cleavable, as *calc spar* or *calcite*. — **der Thoneisenstein,** 'argillaceous iron ore.' — 4. Cf. note on 48, 11. — 5. **das Manganerz,** 'manganite'; one of the oxides of manganese, called also gray manganese ore. It occurs in brilliant steel-gray or iron-black crystals, also massive. — **das Titanerz** or **das Titaneisenerz,** 'titaniferous iron ore.' *Titanium* (Latin *Titani* or *Titanes*, from Τιτᾶνες, 'the sons of the earth') in chemistry is an elementary

substance, found combined in the minerals *menaccanite*, *rutile*, etc., and isolated as an infusible iron-gray amorphous powder, having a metallic lustre. *Titanic iron ore* is also called menaccanite (from Menaccan in Cornwall, where it first was found); it is an iron-black or steel-gray mineral, consisting chiefly of the oxides of iron and titanium. It is commonly massive, but occurs also in rhombohedral crystals. — 6. **das Steinsalz,** 'rock salt,' 'chloride of sodium,' 'common salt.' It occurs in rock-like masses in mines; in the United States this name is sometimes given to salt in large crystals, formed by evaporation from sea-water in large basins or cavities. — 7. **Anhydrit,** 'anhydrite' (ἄνυδρος, ἀν priv. + ὕδωρ, 'water'); it is a mineral of a white or a slightly bluish color, usually massive; it is anhydrous sulphate of lime and differs from *gypsum* in not containing water, whence the name. — 8. **Stassfurt** is a town in the Prussian province of Saxony and one of the chief seats of the German salt-producing industries. — 9. **Sylvin** or Sylvite = native potassium chloride. — **Carnallit,** 'carnallite'; hydrous chloride of potassium and magnesium, sometimes found associated with deposits of rock salt. — 10. **Sperenberg,** a village in the district of Potsdam in the Prussian province of Brandenburg, 40 kilometers south of Berlin. The first attempt to bore for salt was made in October, 1867. — 11. **Wieliczka,** a mining town in the Austrian province of Galicia, is famous for its salt mines. They are situated just underneath the town and form, as it were, a second subterranean town which with its streets, squares, etc., occupies a much larger space than the town on the surface of the earth. — 12. **das Carbonat,** 'carbonate,' 'salt of carbonic acid.' — 13. **der Kalkspat,** 'calc spar,' 'calcite' (Latin *calx*, *calcis*, 'lime'); calcium carbonate or carbonate of lime; it includes common limestone, chalk, and marble. — 14. **der Kalkstein,** 'limestone.'

87. 1. **der Dolomit,** 'dolomite' (after the French geologist Dolomieu), a mineral consisting of carbonate of lime and magnesia in varying proportions. — 2. **Bitumen,** mineral pitch, a black tarry substance, burning with a bright flame. By extension the term includes any one of the natural hydro-carbons, the hard, solid, brittle varieties of asphalt and mineral tars, the oily petroleums and even the light, volatile naphthas. — 3. **der Tuff,** 'tufa' (Italian *tufo*, 'soft, sandy stone'), a soft or porous stone formed by depositions from water, usually calcareous. — 4. **die Versteinerung,** 'petrification,' 'petrifaction'; cf. German *der Stein*, 'stone' = πέτρα, akin to πέτρος, 'rock.' — 5. **die Bittererde,** 'magnesia' (bitter earth = talc earth = calcined magnesia). — 6. **das Auftreten,** 'appearance'; infinitive used as a noun; supply *ist*. — 7. **die Rauchwacke,** 'compact carbonate of lime.' — 8. **der Gips,** 'gypsum' (γύψος,

Arabic *jibs*, 'plaster,' 'mortar'); a mineral consisting of the hydrous sulphate of lime; when calcined, it forms plaster of Paris. The town of Sperenberg (cf. note on 86, 10) has important quarries of gypsum. — 9. **das Phosphat,** 'phosphate'; salt of phosphoric acid (φῶς, 'light'+ φέρειν, 'bring'). — 10. **der Apatit,** 'apatite' (ἀπάτη, 'deceit,' from ἀπατᾶν, 'deceive'; it having been often mistaken for other minerals); a native phosphate of lime, occurring usually in six-sided prisms; color often pale green, transparent or translucent.

88. 1. **die Verkohlung,** 'carbonization'; cf. *die Kohle,* 'coal,' 'carbon.' — 2. **der Kohlenwasserstoff,** 'hydro-carbon.' — 3. **das Torfmoor,** 'turfmoor,' 'peat-moor,' 'bog.' — 4. **je . . . um so,** or **je . . . desto,** or **je . . . je,** 'the . . . the.' — 5. **die Steinkohlenformation,** 'carboniferous era'; cf. *die Steinkohle,* 'pit-coal,' 'mineral coal.' — 6. **die Festigkeit,** 'tenacity.' — 7. **Anthracite** (ἀνθρακίτης, 'like coal,' from ἄνθραξ, -ακος, 'coal,' 'charcoal'); differing from bituminous coal in containing little or no bitumen. The purer specimens consist almost wholly of carbon. — 8. **die Glanzkohle,** 'glance coal'; — **die Grobkohle,** 'clod coal'; — **die Schieferkohle,** 'slate coal,' 'foliated coal'; — **die Russkohle,** 'soot coal'; — **die Faserkohle,** 'fibrous coal.' — 9. **die Braunkohle,** 'brown coal,' 'wood coal,' 'lignite' (Latin *lignum,* 'wood'); it is a mineral coal retaining the texture of the wood from which it was formed. It is of more recent origin than the anthracite and bituminous coal of the proper coal series.

89. 1. **die Zusammenziehung,** 'contraction'; cf. *ziehen,* 'draw,' and *zusammen,* 'together.' — 2. **der Mantel,** 'mantle,' 'envelope,' 'covering.' — 3. **die Spannung,** 'tension'; cf. *spannen,* 'stretch'; — **das Verhältnis,** 'condition.' — 4. **der Kern,** 'kernel,' 'nucleus.' — 5. Dative. — 6. **säkular,** 'secular' (Latin *saeculum,* 'race,' 'generation').

90. 1. **das Riff,** 'reef,' 'ridge,' 'ledge.' — 2. **Polynesia** (πολύς, 'many' and νῆσος, 'island') includes all the intertropical islands of the Pacific Ocean eastward of the Philippine Islands to the north and the New Hebrides to the south of the equator. — 3. **absterben,** 'die,' 'decay.'

91. 1. **ruckweise,** 'intermissive'; cf. *der Ruck,* 'jolt,' 'jerk.' — 2. **die Verschiebung,** 'displacement'; cf. *schieben,* 'shove,' 'push.' — 3. **tektonisch,** 'tectonic,' 'structural' (Latin *tectonicus,* from τεκτονικός, from τέκτων, -ονος, 'carpenter,' 'builder').

92. 1. **durchsickern** or **einsickern,** 'trickle.' — 2. **der Humus,** 'humus' (Latin *humus,* 'earth,' 'ground,' 'soil'); it is that portion of the soil formed by the decomposition of animal or vegetable matter. — 3. **wasserfrei,** 'anhydrous.' — 4. **wasserhaltig,** 'hydrous.'

93. 1. **der Sprung,** 'crack,' 'fissure'; cf. *springen*, 'crack,' 'snap,' 'burst.' — 2. **der Riss,** 'rent,' 'cleft'; cf. *reissen*, 'tear,' 'rend.' — 3. **um sich greifen,** literally, 'grasp about one's self,' that is, 'gain ground,' 'spread.'— 4. Cf. note on 92, 1. — 5. **aber,** 'on the other hand.' — 6. **das Erz,** 'ore.' — 7. Cf. page 91, line 31.

94. 1. **ausstreichen,** 'crop out.' — 2. **die undurchlässige Schicht,** 'impermeable stratum'; cf. *lassen*, 'let,' and *durch*, 'through,' 'across.' — 3. **Artesian wells** (French *artésien*, from *Artois* in France, where many such wells have been made since the middle of the last century). — 4. **die Erosion,** 'erosion' (Latin *erodere, erosum; e = ex*, 'out' + *rodere*, 'gnaw'); the act of eroding or gnawing away. — 5. **die Verwerfung,** 'shift,' 'fault,' that is, a breaking off and dislocation of a seam. — 6. **durchsetzen,** 'permeate.' — 7. **die Tektonik,** 'tectonics,' 'structure'; cf. note on 91, 3. — 8. **vorbedingen,** 'stipulate beforehand'; **sie sind vorbedungen,** 'they form a preliminary condition.' — 9. **aufstauen,** 'dam up,' that is, form a dam or dike to confine and keep back flowing water; from the connection it is evident, however, that it is not the brook, but the mountain-chain (*Bergkette*) which forms the dam; the meaning is, that the brook increases in volume, until it forms a lake. — 10. **einnagen,** 'gnaw in,' 'eat in,' that is, into the mountain; — **ausnagen,** 'gnaw out,' 'erode'; cf. note on 94, 4.

95. 1. **abtragen,** literally, 'carry away,' 'pull off,' that is, 'level.' — 2. **zeugen,** 'bear witness'; to be distinguished from *zeigen*, 'show.' — 3. **stellt sich die historische Geologie . . . als Aufgabe,** literally, 'historical geology puts . . . as a purpose for itself,' that is, 'the purpose of historical geology is . . .' — 4. **darstellen,** 'represent.' — 5. **Im grossen ganzen,** 'upon the whole.'

96. 1. Cf. note on 11, 6. — 2. **Küsten und Riffe** are accusatives. — 3. **der Urwald,** 'primeval forest.' — 4. **der Schotter,** 'broken stones.' — 5. **der Binnensee,** 'inland lake'; cf. *binnen*, adv., 'within,' 'in the interior'; *der See*, 'lake'; *die See*, 'sea.' — 6. **süsses Wasser,** 'fresh water.' — 7. Cf. note on 3, 2. — 8. **die Facies,** 'facies' ('face'; 'general aspect'); cf. Latin *facies*, 'face.'

97. 1. Cf. note on 40, 1. — 2. Cf. note on 3, 2. — 3. Cf. note on 11, 6. — 4. **die Paläontologie,** 'paleontology' (*παλαιός*, 'old,' 'ancient' and *ὄντα*, 'existing things' and *logy*); the science which treats of the ancient life of the earth or of fossils which are the remains of such life. — 5. **der Uranfang,** 'the very beginning'; cf. *Urwald*, note on 96, 3. — 6. **die Flora,** 'flora' (in Latin the goddess of flowers, from *flos, floris*, 'flower'); the complete system of vegetable species growing without cultivation. — 7. **die Fauna,** 'fauna'; the animals of any given era. — 8. **Dies gilt,** 'this holds true.'

98. 1. **verkümmern,** 'become stunted,' 'wear away.' — 2. **gliedern,** 'form.' — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. **eingehender,** adv., 'more particularly,' 'more minutely'; cf. *eingehen*, 'go in,' 'search,' 'penetrate.' — 5. **der Horizont,** 'horizon' (ὁρίζων [κύκλος, '*cycle*'], 'the bounding line,' from ὁρίζειν, 'to bound,' from ὅρος, 'boundary'); in geology the epoch during which a deposit was made. — 6. Want of space compels us to give here only the description of the first era. — 7. **archäisch,** 'archaean' (ἀρχαῖος, 'ancient'). The *Archaean Period* is the earliest in geological history, extending up to the lower *Silurian;* it commonly includes an *Azoic Age*, previous to the appearance of life (yet cf. the author's remarks at the end of this article, page 100), and an *Eozoic Age*, including the first forms of life. — 8. **So tief auch,** 'however deep.'

99. 1. **der Gneis,** 'gneiss'; a crystalline rock, consisting, like granite, of *quartz*, *feldspar* and *mica*, but having these materials, especially the *mica*, arranged in planes, so that it breaks rather easily into coarse slabs or flags. *Hornblende* sometimes takes the place of *mica*. — 2. **die Urformation,** 'primeval formation,' 'original formation'; cf. *Urwald*, note on 96, 3, and *Uranfang*, note on 97, 5. — 3. **zu,** 'too.' — 4. **abweichen,** 'deviate.' — 5. **das Schiefergestein,** 'slate rocks,' 'foliated rocks'; they split into thin laminae, not necessarily parallel to the stratification. — 6. **flaserig,** more usually, **fladerig,** 'veined,' 'streaked'; cf. *die Flader*, 'irregular vein in metals or wood.' — 7. **schuppig** or **schuppicht,** 'scaly'; cf. *die Schuppe*, 'scale.' — 8. **wechsellagern,** 'alternate'; cf. *lagern*, 'lie down,' 'be in layers,' and **der Wechsel,** 'variation,' 'interchange.' — 9. **der bayrische Wald,** 'Bavarian forest'; it is situated in Eastern Bavaria, between Ratisbon (*Regensburg*) and Passau, close to the Danube, and the Bohemian forest. — 10. **sich einstellen,** 'appear.' — 11. **hornblendereich,** 'abounding in hornblende.' *Hornblende* is the common black or dark green or brown variety of *amphibole;* it belongs to the aluminous division of the species and is also characterized by its containing considerable iron; the term is often used to include the whole species. — **Amphibole** is so named from ἀμφίβολος, 'doubtful,' 'equivocal,' from ἀμφιβάλλειν, 'throw around,' 'doubt.' The genus was so called from the great variety of color and composition assumed by the mineral. It is a silicate of magnesium and calcium, with usually aluminium and iron. — **der Granat,** 'garnet' (Latin *granatum*, 'pomegranate') is so named from its resemblance in color and shape to the grains or seeds of the pomegranate. It is a mineral having many varieties differing in color and constituents, but with the same crystallization (isometric). — **der Eklogit,** 'eclogite' (ἐκλογή, 'selection,' from ἐκλέγειν, 'pick out,' 'choose'),

is so called from its beauty; it is a rock consisting of granular red garnet, light green smaragdite (therefore also called in German *Smaragdit-fels*) and common hornblende. — **der Glimmer,** 'muscovite,' 'common potash mica.' — **der Granulit,** 'granulite' (Latin *granulum*, diminutive of *granum*, 'grain') is a whitish granular rock, consisting of feldspar and quartz intimately mixed. — 12. **abnehmen,** 'diminish,' 'lessen'; cf. *zunehmen*, 'increase.' — **der Feldspat,** 'feldspar,' 'feldspath,' is the name given to a group of minerals, closely related in crystalline form, and all silicates of alumina with either potash, soda, lime or, in one case, baryta. — 13. **der Glimmerschiefer,** 'mica-slate,' 'micaceous schist.' — **Mica** (Latin *mica*, 'crumb,' 'grain,' 'particle') is the name of a group of minerals characterized by highly perfect cleavage, so that they readily separate into very thin leaves (laminae), more or less elastic. They differ widely in composition, and vary in color from pale brown or yellow to green or black. The transparent forms are used in lanterns, the doors of stoves, etc., being popularly called 'isinglass.'

100. 1. **der Phyllit,** 'phyllite' (*φύλλον*, 'leaf'), 'clay slate,' 'argillaceous schist.' — 2. **thonig,** 'clayish,' 'argillaceous'; cf. *der Thon*, 'clay.' — 3. Cf. note on 85, 9. — 4. **sich umschauen,** 'look round.' — 5. **der Syenit,** 'syenite' (Latin *syenites*, from *Syene* in Upper Egypt, where it was quarried by the ancient Egyptians), is a granular crystalline rock composed of quartz, hornblende, and feldspar. — 6. **Cambrium,** 'Cambrian,' belongs to the lowest subdivision of the rocks of the Silurian or Moluscan Age, sometimes described as inferior to the Silurian. It is so named from its development in Cambria or Wales. — 7. **der Serpentin** or **Schlangenstein,** 'serpentine,' is a mineral consisting chiefly of the hydrous silicate of magnesia. — 8. **das Urschleimtier,** 'original mollusca' (Latin *mollusca*, 'a kind of soft nut with a thin shell,' from *molluscus*, 'soft'; *mollis*, 'soft'); one of the grand divisions of the animal kingdom; cf. *der Schleim*, 'slime,' 'mucus.' — 9. **Eozoon** (*ἠώς*, 'dawn' and *ζῷον*, 'animal'); the term *Eozoic* has been proposed for the strata formerly called *Azoic*, and is preferred especially by those geologists who regard the *eozoön* as of organic origin. — 10. Cf. notes on 96, 3 and 97, 5. — 11. **azoisch,** 'azoic' (*ἀ* priv. and *ζωή*, 'life'); 'destitute of any vestige of organic life,' thus the 'Azoic Age' is the age preceding the existence of animal life.

101. 1. This article (Sections IV and V) was written by Professor Heinrich Möhl and appeared in the *Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge*, 9. Serie, Nummer 202, herausgegeben von Rud. Virchow und Fr. v. Holtzendorff. — 2. On **gewöhnt** depends the infinitive **zu betrachten** (line 5) and on the latter the accusative **die**

Holzsubstanz, etc. — 3. **flüchtig,** 'volatile'; cf. Latin *volare*, 'fly,' and German *fliegen*, 'fly.' — 4. **in Dampf verwandelten Wassers**; cf. note on 3, 2. — 5. **sowohl,** 'not only.' — 6. **als mehr noch,** 'but still more,' 'but moreover.' — 7. **die,** relative pronoun. — 8. **gleichsam,** 'as it were,' 'so to speak.' — 9. **alles** is the antecedent of **was.** — 10. Cf. note on 3, 2; **von Ewigkeit her; bis in Ewigkeit hin**: cf. note on 13, 2. — 11. Genitive. — 12. **Werfen wir nur,** 'just let us cast.' — 13. Accusative of time. — 14. **bezw.** = *beziehungsweise*, 'respectively.'

102. 1. Cf. note on 3, 2. — 2. **gegenüber,** preposition with dative, often preceded by the noun it governs, 'as to,' 'in reference to,' 'in view of.' — **nichts weniger als,** 'anything but.' — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. Nominative plural. — 5. **abgesehen von,** 'apart from'; cf. *absehen*, 'look away.' — 6. **succussorisch,** 'successive' (Latin *succussare*, 'jolt' from *succutere*, *succussum*, 'fling up from below,' 'toss up' from *sub*, 'under,' and *quatere*, 'shake'); characterized by a shaking motion, especially an up-and-down movement, and not merely tremulous oscillation.

103. 1. **fortpflanzen,** 'propagate.' — 2. **undulatorisch,** 'undulatory' (Latin *undulatus*, 'undulated,' 'wavy,' from *undulare*, a diminutive verb from *undare*, 'wave'). — 3. Supply *Mauern*. — 4. Genitive plural; cf. note on 3, 2. — 5. **sich,** reciprocal, 'one another,' 'each other.' — 6. **rotatorisch,** 'rotatory'; cf. Latin *rota*, 'wheel.' — 7. **Oppido Mamertina,** a city in the Italian province of Reggio di Calabria in the district of Palmi at the foot of the Appenines; population about 4000. The old town now lying in ruins at a little distance from the present city, was the central point of the earthquake of 1783. — 8. **der Stadtplan,** 'plan' or 'map of the city.' — 9. **im Mittel,** 'on the average.' — 10. **stattfinden,** 'take place.' — 11. **linear,** 'lineal' (from the Latin *linea*, 'line'). — 12. **Chili** is subject to frequent earthquake shocks which, without causing damage, occasion much alarm, lest they should be followed by the earthquake itself. — 13. **Neuseeland,** 'New Zealand.' — 14. **Q.-M.** = *Quadratmeile*, 'square mile.' — 15. **Lissabon,** 'Lisbon' (in Portuguese *Lisboa*). — 16. This area corresponds nearly to the area of the continent of Europe, as the latter forms about a twelfth part of the whole land surface of the globe.

104. 1. **m** = *meter*. — 2. **km** = *kilometer*. — 3. **qkm.** = *Quadratkilometer*, 'square kilometer.' — 4. **hochgebäumte Welle,** 'great rising of the waves'; *aufbäumen*, in reference to weaving, 'wind on the beam,' 'wind up'; *sich bäumen* or *sich aufbäumen* is often used in reference to a horse; thus, *das Pferd bäumt sich*, 'the horse rears.' — 5. Cf. note on 5, 2. — 6. **Salzungen,** a town in the duchy of Saxe-Meiningen in Thuringia; population about 4000; the lake is situated

near the town. — **Wenersee,** 'lake Wener,' is the largest lake in Scandinavia; it is situated in the southwestern part of Sweden. — 7. Cf. note on 60, 2. — 8. **vorausgehen,** 'precede.' — 9. Cf. note on 3, 2. — 10. **Caracas,** a city of South America, capital of Venezuela; population about 50,000. — 11. **die Nachwirkung,** 'after-effect.'

105. 1. **Cumana,** a city of Venezuela, capital of a province of the same name, 180 miles east of Caracas. It is the oldest European city in South America, having been founded by Diego Castellon, in 1523. It was almost totally destroyed by the terrible earthquake of 1766 and has since repeatedly suffered from earthquakes. — 2. **Calabria,** the name given by the Romans to the peninsula at the southeastern extremity of Italy and now given to the peninsula at the southwestern extremity. — 3. **der Erdgürtel,** 'zone'; cf. *der Gürtel,* 'girdle,' 'belt.' — 4. **N. Br.** = *nördlicher Breite,* 'northern latitude.' — 5. **Lima,** capital of the republic of Peru, was founded on January 18, in the year 1535, by Francisco Pizarro who named it *Ciudad de los Reyes,* in honor of the emperor Charles V. The most disastrous of the earthquakes was that of 1746 when 50,000 of the inhabitants perished and the port of Callao, situated at a distance of seven miles from the city, was destroyed. — 6. **beobachtet** can be taken as the imperfect passive with *wurden* understood or as a participle used appositively to denote a concession, 'although observed.' — 7. **aber,** 'nevertheless.' — 8. **mutmasslich,** 'presumable.' — 9. Cf. note on 28, 8. — 10. **Aufblitzen,** 'flash'; infinitive used as a noun. — 11. Cf. note on 102, 5.

106. 1. **weittragend,** 'far-reaching.' — 2. **dauernd bleibend,** 'permanent.' — 3. **Abdämmen,** 'dam up,' 'embank'; infinitive used as a noun. — 4. **die,** etc. = *die kontinentalen Hebungen oder Senkungen erfolgenden wenn auch nur sehr allmählich, dafür aber kontinuierlich.* — 5. **um** belongs to **zu ergründen.** — 6. **annähernd,** adverb, 'approximately'; cf. *nähern,* 'draw near,' 'approach,' and *nahe,* 'near.' — 7. Cf. note on 3, 2. — 8. **verschieden,** adverb, 'variously.' — 9. **der Seismograph,** 'seismograph' (*σεισμός,* 'earthquake,' from *σείειν,* 'shake,' and *γράφειν,* 'write,' 'describe'); the apparatus for registering the shocks and undulatory motions of earthquakes. — 10. Cf. note on 1, 4. — 11. **der Oberflächenmittelpunkt,** 'central point on the surface'; cf. *ober,* 'upon' (*ἐπί*); *die Fläche,* 'surface'; *mittel,* 'middle'; *der Punkt,* 'point.' — 12. **das Amt,** 'district,' 'jurisdiction.' — **Gehren,** a town in the principality of Schwarzburg-Sondershausen at the northern base of the Thuringian forest; population about 2000. — 13. **um 3 U. 56′ 9″ p. M.** = *um 3 Uhr 56 Minuten 9 Sekunden post Meridiem.* — 14. **p. M.** = *per Minute.* — 15. **der Herd,** 'hearth,' 'focus,' 'source.'

107. 1. Cf. note on 3, 7. — 2. **gegen,** 'compared with.' — 3. **breiartig,** 'pappy,' 'pulpy.' — 4. **das Sphäroid,** 'spheroid' (σφαιροειδής from σφαῖρα, 'sphere,' and εἶδος, 'form'). — 5. **ablagern,** 'deposit.' The subject is: *die ungleich weit schwerere Atmosphäre als heutigen Tages* (*welche ungleich* ['incomparably'] *weit schwerer war als heutigen Tages*); the direct object is: *das . . . Wasser* (cf. note on 3, 2). — 6. **brodeln,** 'boil up,' 'bubble.' — 7. **gewuchtig,** adverb, 'heavily,' 'tremendously.' — 8. Cf. note on 3, 2. — 9. **hervorbringen,** 'bring forth,' 'produce.' — 10. **die krystallinische Umbildung,** 'crystalline transformation,' is the subject with the verb *brachte* (line 31) understood. — 11. **kurz,** 'in short.'

108. 1. Accusative. — 2. Cf. note on 3, 2. — 3. **abringen,** literally 'gain by wrestling,' that is, 'extort,' 'wrest.' — 4. **immer tiefer,** 'deeper and deeper.' This is generally the best translation of the comparative preceded by *immer*, thus, *immer besser*, 'better and better.' — 5. **Tausende von Metern stark,** 'to the extent of thousands of meters.' — 6. **das Trümmermaterial,** 'conglomerate.' — 7. **üppig wuchernd,** 'growing luxuriantly.' — 8. Dative. — 9. **hoch aufgebäumt,** 'piled up on high'; cf. note on 104, 4. — 10. **das Gleichgewicht,** 'equilibrium.' — 11. **sind . . . erhalten,** supply *worden*, 'have been preserved.'

109. 1. Adverb. — 2. Cf. note on 88, 9. The formation of brown coal (lignite) and turf (peat) belongs to the Quarternary Age of the Cenozoic Era. The Cenozoic Era (καινός, 'recent' and ζωή, 'life') denotes the most recent division of geological time, including the Tertiary or Age of mammals, and the Quaternary or Age of man. Yet the term is used by many authors as synonymous with Tertiary, the Quaternary Age not being included. — 3. **massenhaft,** adverb, 'in a mass,' 'in enormous numbers.' — 4. **einlagern,** 'imbed'; cf. *das Lager*, 'couch,' 'bed.' — 5. **Sieblos,** name of a place in the Rhön mountains. — 6. **die Rhön** or **das Rhöngebirge,** 'Rhön mountains'; these mountains are situated in the northwestern part of the Bavarian district of Lower Franconia, and in the southwestern part of Thuringia. — 7. Supply *finden wir* (line 7) after **rechnen.** — 8. **wenn man sagen darf,** 'so to speak.' — 9. **bleibt dahin gestellt,** 'is uncertain,' 'is undecided.' — 10. **So sicher wie,** 'as surely as,' 'with the same certainty as.' — 11. **wir** is the subject of **schliessen.** — 12. **die Artengleichheit,** 'likeness of species.' — 13. Supply *wie* and cf. note 10 above. — 14. Supply *sicher*. — 15. Dative; but it may be rendered here as if it were a genitive depending on **Umgestaltung.**

111. 1. The **Thian-Shan** mountains or Celestial mountains are in Central Asia between the 40th and 44th degree of northern latitude

and extend from the 73d to the 95th degree of eastern longitude. According to Chinese writers, volcanic phenomena appear in the eastern parts of these mountains. A volcano, called **Po-Shan** or Ho-Shan, is supposed to be situated near the city of Kutsha under 82° 30′ eastern longitude. — 2. **der Erdschoss,** 'interior of the earth'; cf. *der Schoss,* 'lap,' 'bosom.' — 3. **die Schlacke,** 'scoria,' 'cellular slaggy lava'; 'volcanic cinders.' — 4. Cf. note on 3, 2. — 5. **auszeichnen,** 'distinguish.' — 6. **kegelförmig,** 'conical.' — 7. **domartig,** 'dome-shaped.' — 8. **als fände es . . . statt** = *als wenn es . . . stattfände,* 'as if it took place.' — 9. **hell,** 'ringing,' 'shrill,' 'piercing.' — 10. **sinnverwirrend,** 'stupefying'; cf. *der Sinn,* 'mind,' and *verwirren,* 'bewilder.' — 11. **mitbringen,** 'carry along.' — 12. **fort und fort,** 'continually.'

112. 1. **die Glastropfen** or **Glasthränen,** 'Rupert's drops,' 'glass-tears'; a kind of glass drop with a long tail, made by dropping melted glass into water. It is remarkable for bursting into fragments when the surface is scratched or the tail broken; so called from Prince Rupert, nephew of Charles I, by whom they were first brought to England. — 2. **Rapilli,** more commonly called **Lapilli** (Latin *lapillus,* diminutive of *lapis,* 'stone'); volcanic ashes, consisting of small, angular, stony fragments or particles. — 3. **hervorschiessen,** 'send forth,' 'emit.' — 4. **teigartig,** 'doughy,' 'flabby'; cf. *der Teig,* 'dough.' — 5. **der Fetzen,** 'shred,' 'fragment.' — 6. **die Bombe,** 'bomb'; a volcanic bomb is a mass of lava of a spherical or pear shape. — 7. **aufbauen,** 'build up,' 'construct.' — 8. Cf. note on 88, 4. — 9. **aufsteigen,** 'ascend,' 'mount'; **absteigen,** 'descend.' — 10. **der Gesteinsschmelzfluss,** 'stream of molten stones'; cf. *schmelzen,* 'melt,' and *der Fluss,* 'flow,' 'river,' 'stream.' — 11. **zufällig,** 'casual,' 'occasional'; cf. note on 3, 2. — 12. **die Scholle,** 'clod.' — 13. **zu,** 'in the shape of.' — 14. **geschoben,** 'pushed,' 'raised'; this past participle is in apposition to **die.** — 15. **der Nachwuchs,** literally 'after-growth' (cf. *wachsen,* 'grow'), that is, 'the following lava-waves.' — 16. Cf. note on 3, 2. — 17. **wogegen,** 'while on the other hand.' — 18. **das Grundgebirge,** 'base of the mountain.' — 19. **zwiebelartig,** 'bulbous,' 'like a bulb'; cf. *die Zwiebel,* 'onion,' 'bulb.' — 20. **der Spiegel,** 'surface,' 'top.' — 21. **Mag . . . nicht,** 'whether or not the volcano has poured forth lava.' — 22. Cf. note on 20, 1.

113. 1. **nachstürzen,** 'cave in.' — 2. **erweitern,** 'enlarge,' 'widen'; cf. *weit,* 'wide,' 'large.' — 3. **das Kesselthal,** 'caldron-shaped' or 'basin-like valley.' — 4. **der Einsturzkrater,** 'incavated crater.' — 5. **n. Chr.** = *nach Christo,* 'after Christ,' 'A.D.' — 6. At the beginning of the Christian era, and for many previous centuries, no eruption had been known to take place from the mountain, and the volcanic nature of the

locality was perhaps not even suspected by the inhabitants who planted their vineyards along its fertile slopes. — 7. **Spartacus,** the famous leader of a formidable insurrection of slaves against Rome, took refuge on Mount Vesuvius and in its precipices where in 73 B.C. he maintained himself for some time against the Roman army. — 8. **Pompeii,** an ancient town of Campania, was situated on the shore of the Bay of Naples almost immediately at the southeastern base of Mount Vesuvius. — 9. **markerschütternd,** 'penetrating to the very marrow'; cf. *das Mark,* 'marrow,' 'pith' (to be distinguished from *die Mark,* 'boundary,' 'district'), and *erschüttern,* 'shake violently,' 'convulse.' — 10. **die Bodenrüttelung,** 'shaking' or 'rocking of the soil'; cf. *rütteln,* 'shake,' 'jolt.' — 11. **die Pinie,** 'pine-tree.' — 12. **Herculaneum,** a small city of Campania, was situated between two streams at the western base of Vesuvius. — 13. **Stabiae,** farther south than Pompeii, on the site of the modern Castellamare. — 14. **wolkenbruchartig,** 'like a cloud-burst'; cf. *die Wolke,* 'cloud'; *brechen,* 'break,' 'burst,' and *die Art,* 'kind,' 'manner.'

114. 1. **zackig,** 'jagged,' 'indented.' — 2. **bogenförmig,** 'arched,' 'semicircular'; cf. *der Bogen,* 'bow,' 'arch.' — 3. **Somma** (Italian from Latin *summus,* feminine *summa,* 'highest'). — 4. **der Schuttkegel,** 'ashy cone'; cf. *der Schutt,* 'rubbish,' 'ruins.' — 5. **das Ringthal,** 'circular valley'; it is really an extensive gorge. — 6. **getrennt,** 'separated,' that is, from the *Somma.* — 7. **Le Piane** (Italian = *die Ebene,* 'plain'). — 8. Cf. note on 13, 2. — 9. **die umliegenden Orte,** 'the surrounding regions,' is in the accusative. — 10. **in Brand stecken,** 'set on fire'; cf. *brennen,* 'burn.' — 11. **die Seitenspalte,** 'vent,' 'flank of the mountain'; cf. *die Seite,* 'side,' and *die Spalte,* 'split,' 'crack.' — 12. **die . . . erreichten** (line 25); *die* is here relative pronoun, referring to *Lavaströme;* cf. note on 3, 2, as to *überwindend* and *geteilt;* translate 'which [after] overcoming every obstacle [and] having separated into sundry branches each [of them being] several kilometers wide reached the impetuously raging sea in less than an hour.' — 13. **Torre del Annunziato** or Torre dell' Annunziata, a town in the province of Naples, 12½ miles southeast from that city on the Bay of Naples, at the southern base of Vesuvius. **Torre del Greco,** a town in the province of Naples, 7½ miles to the southeast of that city, at the southwestern base of Vesuvius, on the shore of the Bay of Naples. It is built chiefly of lava and stands on the lava-stream of 1631 which destroyed two-thirds of the older town; population about 21,000. **Resina,** a town 6 miles southeast of Naples and practically a southern continuation of Portici; population about 14,000. **Portici,** five miles south of Naples,

a little to the north of the site of Herculaneum. — 14. Cf. note on 3, 2. **Schlag auf Schlag,** literally 'blow upon blow,' that is, 'in rapid succession.' **der Kugelblitz,** 'globe lightning.' The fire-ball is almost incomparably less brilliant than forked lightning, because, though it lasts long enough to give the full impression of its brightness, it is rarely brighter than iron in the state which we call "red-hot." It is always spherical, often more than a foot in diameter, and appears to fall from a thunder-cloud by its own gravity, sometimes rebounding after striking the ground. It usually bursts with a bright flash and a loud explosion, occasionally discharging flashes of lightning. — 15. **der Zickzackblitz,** 'forked lightning.' — 16. Cf. note on 3, 2. — 17. Italian *bocca*, plural *bocche*, 'mouth.'

115. 1. Supply *Eruptionen* after **bedeutendsten**.— 2. **Verschwindend,** adverb, literally 'disappearingly,' that is, 'infinitesimally'; cf. *verschwinden*, 'disappear,' 'vanish.' — 3. **aussehen,** 'appear.' — 4. **dröhnen,** 'roar,' 'rumble,' 'groan.' — 5. Cf. note on 113, 11. — 6. **die** is the subject of **entstiegen** (line 9). — 7. **vorschreitend,** 'advancing,' 'outlying,' 'furthermost.' — 8. **versengen,** 'singe,' 'parch.' — 9. **die Schichtwolke,** 'stratified cloud.' — 10. Genitive plural. — 11. **welcher** refers to *Dampfstrom*. — 12. **die Ballenwolke,** 'spherical cloud'; cf. *der Ball*, 'ball,' 'globe.' — 13. **die Dampfsäule,** 'column (or 'pillar') of steam.' — 14. **strahlen,** 'beam,' 'radiate,' 'shine.' — 15. **das Alpenglühn,** 'Alpine glow,' 'Alpine radiance' or 'effulgence.' The terme 'Alpine' is generally used in reference to the Alps, but often also in speaking of any lofty mountains. — 16. **vor,** 'in contrast with.' — 17. **verglimmen,** 'die out,' 'vanish.' — 18. **quellen,** 'swell,' 'rise'; cf. *der Quell*, 'source,' 'spring.' — 19. **Drunten,** adverb, 'there below.' — 20. **kaltbläulich,** literally 'cold bluish,' that is, 'steel blue.' — 21. Cf. note on 3, 2. — 22. Cf. note 8 above. — 23. **aufschlagen,** 'break out,' 'burst out.'

116. 1. On **Bild** depends the genitive **dieses . . . Schauspiels**; **erhaben, entsetzlich, grässlich** are used here as adverbs. — 2. Dative. — 3. **umhergetrieben wurde,** 'was tossed about'; after *wurde* supply *der* (from line 5), relative pronoun, subject of *sich nähert* (line 8). — 4. **Luzon,** one of the Philippine Islands, an archipelago in the southeast of Asia. The geology of Luzon, the best known of all the archipelago, is to a large extent matter of conjecture. Volcanic forces have had a great share in shaping the archipelago, and a large number of the mountains bear the stamp of their former activity. But those that still have the credit of being working volcanoes are comparatively few. — 5. **der schönsten einer** = *einer der schönsten*. — 6. **der stets thätige Vulkan Ambil** is the subject of the verb **beleuchtet** (line 13); the direct objects

of the verb are **den Eingang . . .**, **die Stadt . . .** and **die ganze Pracht . . .** — 7. **der,** relative pronoun, is the subject of **sich erhebt** (line 11). — 8. **Manila,** the capital of Luzon and the Philippine Islands, and the center of Spanish commerce in the East, was founded in the year 1571 and is situated on the eastern shore of a circular bay 120 nautical miles in circumference. — 9. The Lipari Islands, by the ancients called Aeolian Islands, to the north of Sicily, belong to the Italian province of Messina. The seven principal islands are Lipari, Salina, Volcano, Stromboli, Panaria, Filicuri, and Alicuri; besides which there are ten islets, some of them mere rocks, the remains of a great central volcano now submerged. The volcano **Stromboli** has been in constant activity for 2000 years. Mount Etna is situated near the eastern sea-coast of Sicily; its height is 10,874 feet. — 10. **Cotopaxi,** a volcano of the Andes, in Ecuador, thirty-five miles south-southeast of Quito. In 1803 Humboldt reported, that at the port of Guayaquil, 160 miles from the crater, he heard the noise of the eruption day and night. — 11. **Ischia,** the mediaeval Isea, a volcanic island of Italy, is situated at the north entrance to the Bay of Naples. Monte **Epomeo** or San Nicola, which rises to the height of 2600 feet above the sea, is the highest point. — 12. **Solfatara** (Italian from *zolfo*, 'brimstone,' 'sulphur,' Latin *sulfur*) is a volcanic area or vent which yields only sulphur vapors, steam, and the like; it represents the last stages of volcanic activity. — 13. Supply **heisse Dämpfe** (line 25). — 14. Relative pronoun. — 15. **metamorphosieren,** 'transform,' 'transmute,' 'metamorphose' (μετά, 'beyond,' 'over' and μορφή, 'form'). — 16. **Puzzuoli** or Pozzuoli, called Puteoli by the Romans, is a city of Italy, on the northern shore of the Bay of Puzzuoli, the western portion of the Gulf of Naples; population about 12,000. In the plain, called *Campi Flegrei* (**phlegräische Felder**), near Puzzuoli, are 27 extinct craters. — 17. Supply **Solfatara.** — 18. Cf. note 9 above. — 19. **Java,** although not the largest of the islands of the Indian Archipelago, is in every other respect the most important of them all; if the whole island be taken in view, there is scarcely any region of the world of equal extent which can boast of so many volcanoes. — 20. Supply **Krater.**

117. 1. **Mauna Loa** or Mauna Roa, that is, 'the Great Mountain.' Though the Hawaiian or Sandwich Islands are mountainous, none of the eminences reach the limit of perpetual snow. All the islands are of volcanic origin and are entirely composed of the products of eruption. On one of them (Hawaii) the volcanic forces are still in operation; on all the others they have been quiescent for an indefinite period. — 2. **abfallen,** 'slope.' — 3. **qualmen,** 'steam,' 'smoke'; cf. *der Qualm*,

'thick vapor,' 'steam.' — 4. Supply **Entfernung.** — 5. Cf. note on 97, 8. — 6. **glockenförmig,** 'bell-shaped.' — 7. The name **Ararat** originally designated a whole district of Asia, but has long been appropriated by the uniform usage of Europeans to the lofty Armenian mountain which stands on the confines of the Russian, Turkish, and Persian dominions; it is about equally distant from the Black Sea and the Caspian, from the Mediterranean and the Persian Gulf. Mount Ararat is the culminating point of the Armenian Plateau, which reaches at its base a height of 3000 feet. From this it rises in a graceful isolated cone (having at its side the more perfect, but less lofty, cone of Little Ararat) far into the region of perennial snow. — 8. **Popocatepetl** (Aztec *popocani*, 'smoking'; *tepetl*, 'mountain'), a burning mountain, which, along with the neighboring and somewhat lower summit of Ixtaccihuatl (Aztec 'White Woman'), forms the southeastern limit of the great valley in which the capital of Mexico is built. There have been only two or three moderate eruptions during the last 300 years, though smoke continually issues from the crater. — 9. Cf. note on 3, 2. — 10. Supply **worden sind**; cf. note on 4, 1. — 11. **man** is the subject of **mitzählen wollte** (line 29). — 12. Cf. note on 4, 1. — 13. **Monte Rosso,** plural *Monti Rossi.* The eruptions of Mount Etna occur but rarely from the chief crater. In most cases special craters were formed, from which the streams of lava poured forth. In this manner arose the Monti Rossi at the terrible eruption of 1669. — 14. **der Ätna, der Jorullo,** and **der Gunong Gelungung** are the subjects of the verb **umgeben werden** (line 33). — 15. Supply **solcher . . . Kegel** (line 32). — 16. **Jorullo,** a volcano in Mexico, State of Michoacan, not very far from the Pacific Ocean, arose during the night of September 29, 1759, in connection with a great earthquake. The plain became covered far and wide with hundreds of burning upheavals, like small cones, and in the midst of these upheavals arose a mountain out of scoria and ashes. Its summit (1225 m.) surmounted the surrounding region by 517 m. Alexander von Humboldt visited and examined the volcano in 1804 and described the occurrence according to the information he received from eye-witnesses who were then still living. — 17. **der Wulst,** 'mass,' 'bulk.' — 18. **untermeerisch,** 'submarine'; cf. Latin *sub*, 'under' (*unter*); Latin *mare*, 'sea' (*das Meer*).

118. 1. **aufblähen,** 'inflate.' — 2. **der Bimsstein,** 'pumice-stone.' — 3. **ausspeien,** 'emit,' 'eject.' — 4. The Azores or Western Islands (Portuguese *Ilhas Açores*) form a province, not a colony, of the kingdom of Portugal, although they are 1700 km. distant from the mainland. The volcanic character of the whole Archipelago is very evident and has been abundantly confirmed by the numerous earthquakes and eruptions which

have taken place since its discovery. On various occasions, as in 1638, 1720, 1811, and 1867, subterranean eruptions have taken place, which have sometimes been accompanied by the appearance of temporary islands. Of these the most remarkable was thrown up in June, 1811, about half a league from the western extremity of St. Michael's, the largest and most populous of the islands. A crater appeared, the highest point of which arose 80 m. above the sea. The island was called Sabrina by Captain Tillard of the English man-of-war of that name, who witnessed the phenomenon and landed on the island on July 1. It disappeared toward the end of October and in its place there are now depths of 27 m. — 5. **Ferdinandea,** a volcanic island, which arose in 1831 about 60 km. from Sciacca, a town on the southwestern coast of Sicily, but soon after disappeared. The rising of the island was preceded by terrific shocks, which frightened the inhabitants of Sciacca. The eruption, which produced the new island, began at the bottom of the sea on a place which before had a depth of 200 m. By a series of successive eruptions the island reached a height of 60 m. above the sea. It was at once taken possession of by the English, but by December of the same year there was no longer any trace of the island visible. — 6. **wohl,** 'probably'; the meaning of *wohl* is different here from that in the phrase *sowohl . . . wie* or *sowohl . . . als*, 'as well . . . as.' — 7. **überhaupt,** 'at all.' — 8. **der Propf,** 'cork.' — 9. **auftauchen,** 'emerge.' — 10. Thera, or, as it is now called, **Santorin,** is a volcanic island in the Aegean Sea, the southernmost of the group of islands called Sporades, which intervene between the Cyclades and Crete. On the west lies the smaller island of Therasia. Santorin and Therasia have been recently the scene of a remarkable archaeological discovery. In the southern parts of both these islands prehistoric dwellings have been found at some height above the sea, and there is no reasonable cause to doubt that these date from a period antecedent to the falling in of the crater and the formation of the bay. The foundation of these dwellings rested not on the tufa, but on the lava below it. — The island Hiera (now called Palea-**Kaimeni**) arose in the year 199 B.C.; it was considerably enlarged by later volcanic eruptions in the years 19 and 726 A.D. In the year 1573 the island Mikra-Kaimeni arose, and at last in 1707–11 between the latter and the Palea-Kaimeni appeared the island Nea-Kaimeni. Violent volcanic eruptions occurred in these regions from January, 1866, to the end of October, 1870, which led to the formation of new islets. — 11. **Solche Lavakerne** is the subject of the verb *führen*, 'take' (line 28). — 12. Cf. note on 4, 1. — 13. **die,** relative pronoun. — 14. **herausgespült,** 'washed up,' past participle in apposition with **die.** —

15. **zähflüssig,** 'viscous,' 'glutinous'; cf. *zäh*, 'tough,' 'tenacious,' and *fliessen*, 'flow'; *der Fluss*, 'river.' — 16. **in . . . Schollenhaufen,** 'in shapeless heaps of clods, which are near the state of congelation.' — 17. **ohne Zwang,** literally, 'without compulsion,' that is, 'easily.' — 18. **geradlinig,** cf. note on 56, 10. — 19. **krummlinig,** 'curvilinear.' — 20. **spricht dafür,** literally, 'speaks for it,' that is, 'speaks for what follows,' 'indicates,' 'proves.' In this connection, as in many others, *dafür* (like *davon*, *daraus*, *dadurch*, etc.) simply anticipates the idea of the following sentence beginning with *dass* and requires no translation. — 21. Supply **sind** (page 119, line 2).

119. 1. **der Kamm,** 'ridge.' — 2. **demselben,** dative, depending on **conform.** — 3. **bei,** 'in the case of.' — 4. **der Küstencontour,** dative, depending on **conform.** — 5. The volcano **Aconcagua** is situated in the province of the same name, in Chili. In the Chilian range there are 23 volcanoes of which only a few are occasionally active. — 6. The summit presents the aspect of a perfect cone which stands out against the sky in bold relief and splendor of snow; cf. note on 116, 10. — 7. As the snow-line at Iceland is at an altitude of from 2500 to 3000 feet, all the highest mountain-tops are cones covered with perpetual snow. Most of the mountains of Iceland have been volcanoes, and at least 25 of them have been active within the historical period of the island, that is, the last 1000 years. Next to the famous Hecla from which eighteen eruptions have been recorded, the Katla or **Kotlugja** is the best known volcano; its last eruption (the thirteenth) took place in 1860. — 8. **die,** relative pronoun, is the subject of **fortwälzten**; the accusative depending on the latter is **Eisschollen.** — 9. **ausgestossen,** 'ejected'; past participle in apposition to the relative pronoun **die.** — 10. **als,** 'in the shape of.' — 11. Cf. note on 117, 17. — 12. Cf. note on 3, 2. — 13. **Ctr.** = *Centner* = *Zentner*, 'hundred-weight.'

120. 1. **die Furche,** 'furrow,' 'trench.' — 2. **die Schlucht,** 'ravine,' 'gorge.' — 3. At the eastern side of the plateau there is a deep depression which is open toward the sea, the *Val del Bove*, which was probably in ancient times the main crater of Mount Etna; it is four or five miles in diameter. — 4. On **Schichten** depends the genitive **Materials** with its adjuncts. — 5. On **Menge** depends the genitive **Gesteinsgänge** with its adjuncts. — 6. **die,** relative pronoun. — 7. **NNW** = *Nordnordwest*. — 8. Cf. note on 112, 5. — 9. **der Mantelbau,** literally 'cloak-like structure,' that is, 'dome-shaped structure'; cf. **halbgeöffneten Regenschirm,** line 11.

Geometry.

121. 1. **mutmasslich,** 'probable.' — 2. Cf. note on 3, 2. — 3. Cf. note on 40, 1. — 4. Cf. note on 11, 6. — 5. Cf. note on 48, 10. — 6. **Die Überschwemmung,** 'inundation.' — 7. **veranlasst sein** = *veranlasst worden sein; veranlassen,* 'occasion,' 'bring about.' — 8. Cf. note on 38, 5. — 9. **die Befriedigung,** 'enclosure.' — 10. **unkenntlich,** 'undistinguishable'; cf. *kennen,* 'know.' — 11. **Es musste . . . geteilt und . . . zugewiesen werden** = *man musste . . . teilen und . . . zuweisen.*

122. 1. **die Steuer,** 'tax,' 'duty.' — 2. Supply **worden sein** (line 7); after **entstanden** supply **sein.** — 3. **Auf,** 'in consequence of.' — 4. Supply **worden.** — 5. **gleichlaufend,** 'parallel'; cf. *gleich,* 'equal,' 'equally,' and *laufen,* 'run.' **abstecken,** 'mark out,' 'designate,' 'lay out.' — 6. **das Nivellieren** or **die Nivellierung,** 'leveling'; cf. French *niveau.* — 7. Accusative. — 8. **welchen** refers to **Sätze** (line 10). — 9. **begehen,** 'commit,' 'make.' — 10. **Gnomon,** a style or column erected perpendicularly to the horizon, formerly used in astronomical observations; its principal use was to find the altitude of the sun by measuring the length of its shadow. — 11. **kurzum,** 'in short,' 'to sum up.' — 12. **Sesostris** is according to Greek historians the name of a king of Egypt who conquered a great part of the world. The conqueror in whose exploits these extravagant legends took their rise was Rameses II, who reigned about 1250 B.C. — 13. **steuerbar,** 'assessable'; cf. *die Steuer,* 'tax.' — 14. **die Landesvermessung,** 'measurement (or 'survey') of the land.' — 15. **die Steuererhebung,** 'collecting (or 'levying') of taxes.'

123. 1. **sich anstrengen,** 'exert one's self.' — 2. Cf. note on 22, 7. — 3. **sie** refers to **Lehren** and depends on **zuordnen** and **zu vervollkommnen.** — 4. **vorkommend,** 'future,' 'eventual'; cf. *vorkommen,* 'come forth,' 'appear.' — 5. **die Nachwelt,** 'posterity'; cf. *die Welt,* 'world.' — 6. **die Feldmesskunst,** literally 'the art of measuring the land,' that is, 'geometry.' — 7. **lassen,** 'retain.' — 8. Supply **worden.** — 9. **passen,** 'fit,' 'answer.' — 10. **die Schiffahrtskunst,** 'art of navigation.' — 11. **die Wasserbaukunst,** 'hydraulics.' — 12. **Um** belongs to **zu können.** — 13. Supply **hat.**

124. 1. **der Körper,** 'body,' 'solid.' — 2. Cf. note on 3, 2. — 3. Cf. note on 34, 4. — 4. **beliebig,** adverb, 'in any manner'; **beliebig gross,** 'of any size whatever,' 'of any size you choose'; cf. note on 3, 2. — 5. **unterscheiden,** 'distinguish.' — 6. **ein begrenzter leerer Raum,** 'a limited empty space,' that is, 'a limited portion of space.' — 7. **die Grösse,** 'size,' 'magnitude.' — 8. **abstrahieren,** used intransitively with *von,* 'disregard,' 'pay no heed to.' — 9. **die Fläche,** 'surface.'

125. 1. **die räumliche Grösse,** 'magnitude.' — 2. **die Eigenschaft,** 'property.'

126. 1. Cf. note on 34, 4. — 2. **der Würfel,** 'cube.' — 3. Cf. note on 16, 1. — 4. **himmelweit,** literally 'as distant as heaven (from earth),' that is, 'immensely.' — 5. **die Flächengrösse,** 'extent of surface,' 'area'; **das Dreieck,** 'triangle'; **das Viereck,** 'quadrangle,' 'square.' — 6. **der Kreis,** 'circle.' — 7. **krumm,** 'curved.' — 8. **alle . . . zu wollen,** literally 'to wish, etc.,' that is, 'any attempt to consider all these innumerable figures and discover their properties' — 9. **sie** refers to **Eigenschaften.** — 10. **der Lehrsatz,** 'theorem.' — 11. Cf. note on 3, 2. — 12. **Um** belongs to **zu bestätigen.** — 13. **unumstösslich,** 'irrefutable,' 'incontestable'; cf. *stossen,* 'push,' *umstossen,* 'overturn,' 'subvert,' 'controvert.'

127. 1. **in der Regel,** 'as a rule.' — 2. **einprägen,** 'impress.' — 3. **das Herkommen,** 'traditional custom,' 'usage.' — 4. **der Winkel,** 'angle.' **resp.** = *respectiv,* adverb, 'respectively.' — 5. **der gesunde Menschenverstand,** 'common sense.' — 6. **denkfaul** = *zu faul zu denken,* 'too lazy to think.' — 7. Cf. note on 1, 4. — 8. **der,** 'he,' correlative to **wer** (line 27).

128. 1. **überrascht,** 'surprised,' in apposition to **der.** — 2. **mit gesperrter Schrift,** 'in spaced type.' — 3. Cf. note on 40, 1. — 4. **die Erklärung,** 'definition.' — 5. **gerade,** 'straight.' — 6. **gleichmässig,** 'evenly.' — 7. Cf. note on 22, 7. — 8. Inverted order to denote conditionality. — 9. Cf. note on 34, 4.

129. 1. Cf. note on 3, 2. **der Zug,** 'series.' — 2. **zwei beliebige,** 'any two.' — 3. **die Tafel,** 'slate,' 'slate board.' — 4. **die Kugelfläche,** 'spherical surface.' — 5. **die Lage,** 'position'; the predicate is **bestimmt,** 'determined' (page 130, line 2); the verb is in the singular; cf. note on 34, 3. — 6. **dadurch gehend,** 'passing through (it; them).' — 7. **nämlich,** 'that is to say.' — 8. Cf. note on 56, 10.

130. 1. **bis ins Unendliche,** 'indefinitely.' — 2. Cf. note on 34, 4. — 3. **gemein,** 'in common.' — 4. **die Entfernung** or **der Abstand,** 'difference.' — 5. **verwechseln,** 'mistake,' 'take one for the other.' — 6. **je nachdem,** 'according as.' — 7. **der Flächeninhalt,** 'superficial contents,' 'area.' — 8. **der Umfang,** 'periphery,' 'circumference' (*περί,* 'around,' Latin *circum,* German *um; φέρειν,* 'bear,' 'carry,' Latin *ferre*). — 9. **sich ergeben,** 'result,' 'follow.' — 10. **der Halbmesser,** 'semi-diameter.'

131. 1. **die Sehne,** literally, 'sinew,' 'tendon'; 'string' (of a bow); 'chord' (of an arc). — 2. **jede . . . gerade,** 'any straight line'; cf. note on 3, 2. — 3. Cf. note on 34, 4. — 4. **drehen,** 'turn.' — 5. **in sich zurück-**

laufen, 'revert.' — 6. **Die Tangente,** 'tangent' (Latin present participle *tangens*, genitive *tangentis*, from *tangere*, 'touch'). — 7. Cf. note on 3, 2. — 8. **durchschneiden,** 'cut through,' 'intersect.' — 9. **der Berührungspunkt,** 'point of contact,' 'point of tangency.' — 10. **beschaffen,** 'constituted.' — 11. **zusammenfallen,** 'coincide.' — 12. **sich,** 'one another'; the reflexive pronoun is often used in the plural in a reciprocal sense. — 13. **kongruent,** 'congruent,' 'equal.' — 14. **gleich,** 'equivalent.' — 15. **ähnlich,** 'similar.' — 16. **der Nachweis,** 'proof.' — 17. **die Erläuterung,** 'explanation,' 'illustration'; cf. *lauter*, 'clear,' 'pure'; *läutern*, 'make clear.'

132. 1. Adverb; cf. note on 124, 4. — 2. **halbieren,** 'halve,' 'bisect.' — 3. Cf. note on 131, 4. — 4. On **müssen** depends the infinitive **fallen** (line 12). — 5. **zufolge,** preposition with dative, 'according to.' — 6. **folglich,** 'consequently.' — 7. Supply **ist.** — 8. Subjunctive of indirect discourse. — 9. **geneigt,** 'inclined.' — 10. **der Schenkel,** 'side.' — 11. **der Scheitel,** 'vertex.' — 12. **einerlei,** 'one and the same.' — 13. Cf. note on 130, 5. — 14. Cf. note on 3, 2.

133. 1. **bedeuten,** 'signify.' — 2. Cf. note on 132, 9. — 3. **gleichgültig,** 'indifferent.' — 4. Cf. note on 128, 8. — 5. **gestreckt,** 'straight.' — 6. **senkrecht,** etc., are but different names for the same thing: 'vertical.' — 7. **abkürzen,** 'abbreviate.'

134. 1. Cf. note on 133, 5. — 2. **spitz,** 'acute.' — 3. **stumpf,** 'obtuse,' — 4. **schräg** or **schief,** 'oblique.' — 5. **der konvexe Winkel,** 'reflex angle.' — 6. **der Nebenwinkel,** 'adjacent angle.' — 7. Cf. note on 27, 1. — 8. **die Winkeleinheit,** 'angular unit.' — 9. **übereinkommen über,** 'agree on.'

135. 1. **an einander liegend,** 'adjacent.' — 2. **wegen,** preposition with the genitive preceding or following, 'on account of.' — 3. **darstellbar,** 'representable.' — 4. **der Winkelmesser,** literally, 'angle-measure,' 'protractor' (for measuring angles on paper used in drawing or plotting); for goniometer, cf. note on 153, 1. — 5. **die Handhabung,** 'handling,' 'management.' — 6. **die Hilfslinie,** 'artificial line.' — 7. **eingerichtet,** 'if contrived'; cf. note on 20, 1.

136. 1. **versinnlichen,** 'illustrate.' — 2. **der Nullpunkt,** 'zero.' — 3. Cf. note on 40, 1. — 4. **zusehen,** 'observe.' — 5. **abschneidet,** why not *schneidet . . . ab?* — 6. **der Riss,** 'plan,' 'design.' — 7. **auftragen,** 'draw.' — 8. Cf. note on 3, 2. — 9. **die Geodäsie,** 'geodesy' (γεωδαισία, from γέα, γῆ, 'earth,' and δαίειν, 'divide'). — 10. **das Fernrohr,** 'telescope'; cf. *fern*, 'far,' 'at a distance'; *das Rohr*, 'tube.'

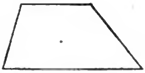
137. 1. **das Vergrösserungsglas,** 'magnifying glass.' — 2. **die Mark,** 'mark' = 23.8 cents. — 3. **Die Anzahl,** 'number,' is accusative depending

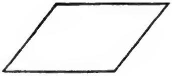
on the infinitive **zu bestimmen** (line 10). — 4. **der Zirkel,** 'pair of compasses.'

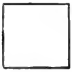
138. 1. Cf. note on 56, 10. — 2. **innehaben,** literally, 'have within' (one's mind, memory, etc.), that is, 'thoroughly understand,' 'be master of.' — 3. **die Spitze,** 'vertex.' — 4. **ungleichseitig,** 'scalene' (*σκαληνός*). — 5. **gleichseitig,** 'equilateral.'

139. 1. **gleichschenkelig,** 'isosceles' (*ἴσος*, 'equal,' and *σκέλος*, 'leg'). — 2. **spitzwinkelig,** 'acute-angled.' — 3. **stumpfwinkelig,** 'obtuse-angled.' — 4. **rechtwinkelig,** 'right-angled.' — 5. **Cathetus,** plural **catheti,** 'legs' (*κάθετος*, 'perpendicular,' from *καθιέναι*, 'let down'). — 6. **Hypotenuse** (*ὑποτείνειν*, 'stretch under,' 'subtend'). — 7. **das Viereck,** 'quadrilateral.' — 8. **schiefwinkelig,** 'oblique-angled.' — 9. **Rhomboid** (*ῥομβοειδής*, from *ῥόμβος*, 'rhomb,' and *εἶδος*, 'shape'). — 10. **Trapezoid** (*τραπεζοειδής*, from *τράπεζα*, 'table,' and *εἶδος*, 'shape').

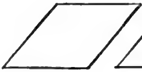

Trapezium.


Trapezoid.


Parallelogram.


Square.


Rectangle.


Rhombus.


Rhomboid.

140. 1. **der Wechselwinkel,** 'alternate angle.'

141. 1. Cf. note on 132, 2. — 2. Cf. note on 125, 1. — 3. Cf. page 127, line 14.

142. 1. Cf. note on 136, 1. — 2. Cf. note on 124, 8. — 3. **punktieren,** 'point,' 'dot.'

143. 1. Cf. note on 129, 2. — 2. **die Kante,** 'edge.' — 3. **die Ecke,** 'corner.' — 4. **der körperliche Winkel,** 'solid angle.' — 5. **achtflächig,** 'octahedral' (*ὀκτα* for *ὀκτώ*, 'eight,' and *ἕδρα*, 'seat,' 'base').

144. 1. **die Höhe,** 'altitude.' — 2. Cf. note on 130, 4. — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. **angeben,** 'indicate.' — 5. **Parallelopipedon** or parallelopiped (*παραλληλεπίπεδον*, 'a body with parallel surfaces,' from *παράλληλος*, 'parallel,' and *ἐπίπεδον*, 'plane surface'; cf. *ἐπί*, 'on,' and *πέδον*, 'ground'). — 6. **rechtwinkelig,** 'rectangular.' — 7. **der Kubus,** 'cube' (*κύβος*); — **der Würfel,** in common usage, 'die'; — **das Hexaëder,** 'hexahedron' (*ἕξ*, 'six,' and *ἕδρα*); cf. note on 143, 5. — 8. **Cylinder** (*κύλινδρος*, from

κυλίνδειν, κυλίειν, 'roll'; cf. German *wälzen*, 'roll,' and *die Walze*, literally, 'roller'). — 9. **der Mantel,** 'convex surface.'

145. 1. Cf. note on 3, 2. — 2. **die Achse,** 'axis.' — 3. Cf. note on 130, 6. — 4. **die Umdrehung,** 'rotation'; cf. *drehen*, 'turn.' — 5. Cf. note on 131, 5.

146. 1. **einzeln genommen,** 'each taken by itself,' 'each considered apart.' — 2. **gerade,** adverb, 'exactly,' to be distinguished from the adjective *gerade*, 'right,' 'straight'; cf. *die Gerade*, 'straight line.'

147. 1. Supply *sind*. — 2. **es giebt,** 'there is,' 'there are'; consequently, **es kann geben,** 'there can be.' — 3. Supply *ist*, and cf. note on 11, 6. — 4. **das Sechseck,** 'hexagon' (ἑξάγονος, from ἕξ, 'six,' and γωνία, 'angle'; — **das Siebeneck,** 'heptagon' (ἑπτά, 'seven'); — **das Achteck,** 'octagon' (ὀκτα, from ὀκτώ, 'eight'); — **das Neuneck,** 'nonagon' (Latin *nonus*, 'ninth').

148. 1. **Das Tetraëder,** 'tetrahedron' (τέτρα, from τέσσαρες, τέτταρες, 'four,' and ἕδρα; cf. note on 143, 5). — 2. Cf. note on 144, 7. — 3. Cf. note on 143, 5. — 4. **das Dodekaëder,** 'dodecahedron' (δώδεκα, 'twelve'). — 5. **das Ikosaëder,** 'icosahedron' (εἴκοσι, 'twenty').

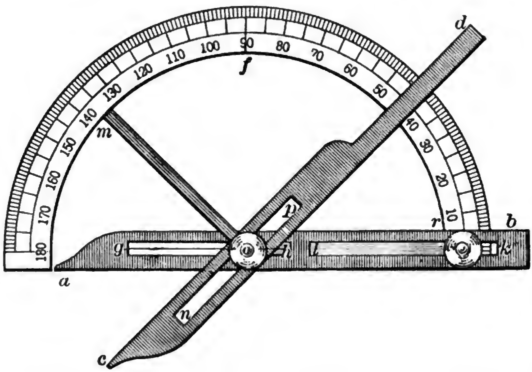
Mineralogy.

150. 1. The following article forms part of a treatise written by Professor R. Brauns of the University of Marburg and published in the *Sammlung Göschen*, Stuttgart, 1893. — 2. **die Lebensäusserung,** 'manifestation of life.' — 3. **es gilt,** 'the question is,' 'the point is'; infinitive *gelten*. — 4. Genitive plural; supply *Mineralien*. — 5. **galt,** 'was considered,' 'passed for.' — 6. Cf. notes on 40, 5 and 48, 10.

151. 1. **das Eisenerz,** 'iron ore.' — 2. Cf. note on 85, 16. — 3. **der Nephrit,** 'nephrite' (νεφρός, 'kidney'); a hard, compact mineral of a dark green color, formerly worn as a remedy for the diseases of the kidneys, whence its name. — 4. **René Just Haüy,** an eminent French mineralogist, commonly styled the Abbé Haüy, from being an honorary canon of Notre Dame, was born at St. Just, in the department of Oise, in 1743, and died in 1822. His most important works are: *Traité de minéralogie* (Paris, 1802; new edition, 6 volumes, Paris, 1822) and *Traité de cristallographie* (Paris, 1822). Napoleon made him in 1802 Professor of Mineralogy at the *Musée d'histoire naturelle* and at the *Faculté des sciences*. — 5. **Abraham Gottlob Werner,** the father of German geology, was born at Wehrau in Oberlausitz, Saxony, in 1750

In 1771 he repaired to the University of Leipsic, and devoted himself with the greatest ardor to mineralogical pursuits. While still a student he wrote his first work on the external characters of minerals, which at once gave him a name among the mineralogists of the day. He was made inspector in the mining school at Freiberg, Saxony, and teacher of mineralogy there in 1775. His system of geognosy attracted great attention. Before him geology consisted of a number of hypotheses. Werner founded his geognosy on observations and made it an empirical science. According to him the ocean is the real source of all formations on the earth, and even now the water is the primary cause of every metamorphosis in the mineral kingdom. Thus he became the founder of the Neptunian theory. Werner died in 1817. — 6. **eisstarrend,** 'bristling with ice,' 'ice-clad'; cf. *starren,* 'stiffen,' 'bristle.'

152. 1. **Schleifen,** 'grind'; infinitive used as a noun. — 2. Cf. note on 143, 5. — 3. **der Alaun,** 'alum.' — 4. **der Kalialaun,** 'sulphate of



alumina and potash.' — 5. **verzerrt,** 'distorted.' — 6. Supply **abstumpft** from line 19. — 7. Cf. notes on 139, 9 and 148, 4. — 8. **abstumpfen,** 'blunt,' 'truncate'; cf. *stumpf,* 'blunt,' 'dull.' — 9. **rauh,** 'rough'; **matt,** 'dull'; **gestreift,** 'striped,' 'striated'; cf. *der Streif,* 'stripe,' 'streak.' — 10. **gekrümmt,** 'curved.' — 11. **die Vertiefung,** 'cavity,' 'depression.' — 12. **die Erhabenheit,** 'elevation,' 'projection.'

153. 1. The preceding drawing represents a common (contact or hand) goniometer; "it consists of two arms, *a b, c d,* moving on a pivot at *o*; the arms open and shut, and their divergence, or the angle they

make with one another, is read off on the graduated arc attached. In using it, press up between them the edge of the crystal whose angle is to be measured, and continue opening the arms thus, till the inner edges lie evenly against the faces that include the required angle. To insure accuracy in this respect, hold the instrument and crystal between the eye and the light, and observe that no light passes between the arm and the applied faces of the crystal. The arms may then be secured in position by tightening the screw at *o*; the angle will then be measured by the distance on the arc from *k* to the *left* or *outer* edge of the arm *c d*, this edge being in the line of *o*, the center of motion. As the instrument stands in the figure, it reads 45°. The arms have slits at *g*, *h*, *n*, *p*, by which they may be shortened so as to make them more convenient for measuring small crystals. The *reflecting goniometer* affords a more accurate method of measuring crystals that have luster, and may be used with those of minute size." (G. D. Dana's *Manual of Mineralogy*.) — 2. **fussen,** 'depend,' 'be based'; cf. *der Fuss*, 'foot,' 'basis.'

154. 1. **das Spiegelbild,** 'image,' literally 'mirrored image'; cf. *der Spiegel*, 'mirror.' — 2. **gegenüber liegen,** 'lie opposite.' — 3. Dative, referring to **Fläche** (in the same line) and depending on **gleiche.** — 4. Dative, referring to **Winkel.**

155. 1. The regular or tesseral or monometric or isometric system. Tesseral (from the Latin *tessera*, 'a small piece' [of marble, glass, or the like] having a square or nearly square face). Monometric (*μόνος*, 'one,' 'alone,' 'single,' and *μέτρον*, 'measure'). Isometric (*ἴσος*, 'equal') suggests the nature of the axes; all are *equal;* cf. page 156, 1. — 2. Cf. note on 147, 4. — 3. The tetragonal or dimetric system; for *tetra* cf. note on 148, 1. Dimetric (*δι* = *δίς*, 'two times') suggests that the main axis is different from the other *two;* cf. page 156, 3. — 4. The rhombic or orthorhombic or trimetric system. Orthorhombic (*ὀρθός*, 'straight,' 'right'). Trimetric (*τρι-*, 'three') alludes to the *three* axes being unequal; cf. page 156, 4. — 5. The monoclinic system (*μόνος*, 'one,' 'alone,' 'single,' and *κλίνειν*, 'incline'); *one* axis is inclined towards the other two; cf. page 156, 5. — 6. The triclinic system; the *three* axes are oblique.

156. 1. **die Nebenaxe,** 'lateral axis.'

157. 1. Cf. note on 155, 5. — 2. **Klino,** cf. note on 155, 5. — 3. **Klinodoma.** A 'dome' is a prism formed by planes parallel to a lateral axis which meet above in a horizontal edge, like the roof of a house; if parallel to the inclined diagonal in a monoclinic crystal, it is called a 'clinodome'; if parallel to the orthodiagonal axis, an 'orthodome.' —

4. **Klinopinacoid** (πίναξ, πίνακος, 'tablet'); the plane in crystals of the monoclinic system which is parallel to the *inclined* lateral (clinodiagonal) axis. — 5. **Ortho**; cf. note on 155, 4. — 6. Cf. note 3 above. — 7. **der Flussspat,** 'fluor spar,' 'fluorite,' or simply 'fluor'; a mineral of many different colors, crystallizing commonly in cubes with perfect octahedral cleavage.

158. 1. Cf. note on 152, 8. — 2. **zuspitzen,** 'point.' — 3. **zuschärfen,** 'sharpen.'— 4. **angehören,** cf. note on 8, 1.— 5. Hemihedrism; a hemihedron (ἡμι-, 'half,' and ἕδρα, 'seat,' 'base') has half of the similar parts of a crystal, instead of all; as when a cube has planes only on *half* of its eight solid angles, or one plane out of a pair on each of its edges, or as in the case of a tetrahedron which is hemihedral to an octahedron, it being contained under four of the planes of an octahedron. — 6. On **können** depends the infinitive passive **abgeleitet werden.** — 7. 'holohedral' (ὅλος, 'whole,' 'entire'), having all the planes required by complete symmetry in opposition to hemihedral.

159. 1. 'Tetartohedrism'; *tetartohedral* (τέταρτος, 'one fourth'). — 2. From want of space we cannot reproduce here the author's full description of the different systems of crystallography; however, the most important facts are given. — 3. Cf. note on 88, 4. — 4. Cf. note on 152, 5.

160. 1. Cf. note on 152, 9. — 2. Cf. note on 152, 5. — 3. **linsenförmig,** 'lenticular,' 'granular'; **kugelig,** 'globular.' — 4. **die Aneinanderreihung,** 'joining,' 'connection'; cf. *reihen,* 'put in a row,' and *an einander,* 'one to the other,' 'together.' — 5. **sattelförmig,** 'saddle-shaped'; **garbenförmig,** 'sheafy.' — 6. **baumförmig,** 'arborescent' (Latin *arbor,* 'tree'; *arborescens,* present participle of *arborescere,* 'become a tree'); **moosförmig,** 'moss-shaped'; cf. *das Moos,* 'moss'; **drahtförmig,** 'filiform' (Latin *filum,* 'thread'); **haarförmig,** 'capilliform' (Latin *capillus,* 'hair'). — 7. **der Umriss,** 'outline.' — 8. Cf. note on 86, 13.

161. 1. **körnig,** 'granular'; **grob,** 'coarse.' — 2. **faserig,** 'fibrous'; **stengelig,** 'stalked,' 'caulescent' (Latin *caulis,* 'stalk,' 'stem' German *der Stengel*); **schuppig,** cf. note on 99, 7; **schalig,** 'crustaceous' (Latin *crusta,* 'the hard body of a surface,' 'rind,' 'shell,' German *die Schale*). — 3. **derb,** 'compact.' — 4. **der Glaskopf,** 'hematite.' — 5. **nierenförmig,** 'reniform' (Latin *renes,* 'kidneys,' German *die Niere*). — 6. Cf. note on 86, 1. — 7. **das Vorkommen,** 'occurrence,' 'presence.' — 8. **die Krystalldruse,** 'cluster of crystals.' — 9. **die Blase,** 'hollow.' — 10. **die Geode,** 'geode' (γεώδης, 'earth-like,' from γέα, γῆ, 'earth,' and εἶδος, 'form'), a nodule of stone, containing a cavity, lined with crystals or mineral

matter. — 11. **das Kalkgebirge,** 'calcareous mountain-chain.' — 12. Cf. note on 160, 8. — 13. **der Tropfstein,** 'stalactite' (σταλακτός, 'oozing out in drops,' from σταλάζειν, 'drop' German *tropfen*). — 14. **das Muttergestein,** 'parent rock,' 'native bed.' — 15. Cf. note on 85, 24. — 16. **das Geschiebe und Gerölle,** 'boulders' (bowlders); cf. *schieben*, 'shove,' 'push,' and *rollen*, 'roll'; rocks transported (shoved) from their original layer.

162. 1. Subjunctive of indirect discourse. — 2. **die Seife,** 'placer'; a deposit of valuable mineral, found in particles in alluvium or diluvium, or beds of stream, etc. Gold, tin, ore, chromic iron, iron ore, and precious stones are found in placers. By the United States Revised Statutes all deposits not classed as veins of rock in place are considered placers. — 3. Cf. note on 85, 13. — 4. **auffallen,** 'be striking,' 'extraordinary.' — 5. **der Strahlstein,** 'actinolite' (ἀκτίς, ἀκτῖνος, 'ray,' German *der Strahl*, and λίθος, 'stone'); a bright green variety of amphibole, occurring usually in fibrous or columnar masses. — 6. **bestärken,** 'strengthen,' 'corroborate.' — 7. Cf. note on 86, 6. — 8. **die Mutterlauge,** 'mother liquor,' 'mother water'; cf. *die Lauge*, 'lye'; it is the impure or complex residual solution which remains after the salts readily or regularly crystallizing have been removed. — 9. **das Chlornatrium,** 'chloride of sodium.' — 10. Cf. note on 11, 6. — 11. **die Schlacke**; cf. note on 111, 3. — 12. **hervorrufen,** 'call forth.' — 13. **das Katzenauge,** 'cat's eye'; a variety of quartz orchalcedony, exhibiting opalescent reflections from within like the eye of a cat. The name is given to other gems, affording like effects, especially the chrysoberyl. — 14. Cf. note on 160, 6. — 15. **der Achat,** 'agate'; a semipellucid, uncrystallized variety of quartz, presenting various tints in the same specimen; the moss-agate, the clouded agate, etc., are familiar varieties. — 16. **amorphous** (ἄμορφος, from α priv. and μορφή, 'form'); 'shapeless'; having no determinate form.

163. 1. **die Spaltbarkeit,** 'cleavage'; cf. *spalten*, 'split'; *spaltbar*, 'cleavable.' — 2. Cf. note on 85, 20. — 3. **der Übergang,** 'transition'; cf. *gehen*, 'go,' 'pass,' and *über*, 'over.' — 4. **leicht, schwer,** and **verschieden** are adverbs in this connection. — 5. **der Talk,** 'talc'; a hydrous silicate of magnesia. **der Gips**; cf. note on 87, 8. **der Kalkspat**; cf. note on 86, 13. **der Flussspat**; cf. note on 157, 7. **der Apatit**; cf. note on 87, 10. **der Feldspat**; cf. note on 99, 12. — 6. **der Topas,** 'topaz' (τοπάζιον, 'a kind of red stone'; according to some the name is derived from *Topazos*, a small island in the Red Sea, where the Romans obtained a stone which they called by this name, but which is the chrysolite of the moderns); it is a mineral occurring in

rhombic prisms, a fluosilicate of alumina. — 7. **der Korund,** 'corundum' or 'corindon' (Hindoo *kurand*, 'corundum stone'); the earth alumina, as found native in a crystalline state, including sapphire, the oriental ruby, etc.

164. 1. Cf. note on 99, 11. — 2. **sich anfühlen,** 'feel.' — 3. **fettig,** 'fatty,' 'greasy.' — 4. **entbehrlich,** 'dispensable,' 'unnecessary'; cf. *entbehren*, 'do without,' 'dispense with.' — 5. Cf. note on 163, 1. — 6. **die Trennungsfläche,** 'natural joint,' is in the accusative; supply **man nennt**; **die Spaltfläche,** 'cleavage joint'; for transitive verbs governing two accusatives cf. note on 16, 1. — 7. Cf. note on 3, 2. — 8. Cf. note on 34, 3. — 9. Cf. note on 87, 8. — 10. **Zerschlagen,** 'dash to pieces,' 'batter'; infinitive used as a noun. — 11. **die Zinkblende,** 'zinc blende'; native zinc sulphide.

165. 1. **der Bruch,** 'fracture'; cf. *brechen*, 'break.' — 2. **muschlig,** 'conchoidal' (**κογχειδής**, from **κογχή**, 'shell,' German *die Muschel*, and **εἶδος**, 'form'); having elevations and depressions in form like one half of a bivalve shell. **splittrig,** 'splintery,' 'shivered.' **hackig,** 'hackly'; having fine short and sharp points on the surface, as the hackly fracture of metallic iron, etc. — 3. Cf. notes on 85, 16, 17, 18. — 4. **die Tenacität** or *die Zähigkeit*, 'tenacity.' — 5. **spröd** or *spröde*, 'brittle.' — 6. Cf. note on 1, 4. — 7. **mild,** 'sectile' (Latin *sectilis*, from *secare*, *sectum*, 'cut'); capable of being severed by the knife with a smooth cut. — 8. **der Speckstein,** 'steatite' (**στέαρ, στέατος**, 'fat,' 'tallow'; cf. German *der Speck*, 'lard'); also called potstone, lardstone, and soapstone. — 9. **geschmeidig,** 'malleable' (Low Latin *malleare*, 'hammer'), 'pliable.' — 10. **das Blättchen,** 'foil,' 'lamina.' — 11. **biegsam,** 'flexible'; cf. *biegen*, 'bend.' — 12. **zurückschnellen,** 'rebound.' — 13. **der Glanz,** 'luster.' — 14. **die Undurchsichtigkeit,** 'opacity,' 'opaqueness'; cf. **durchsichtig,** 'transparent' (*sehen*, 'see,' 'look,' and *durch*, 'through'). **der Bleiglanz,** 'sulphide of lead.' — 15. **durchscheinend** 'translucent'; a thing is translucent, when it merely admits the passage of light, without enabling us to distinguish the color and outline of objects through it; it is transparent (durchsichtig) when we can clearly discern objects placed on the other side of it. Glass, water, etc., are transparent; ground glass is translucent. — 16. **der Glasglanz,** 'vitreous luster.' — 17. **der Diamantglanz,** 'adamantine luster' (**ἀδαμάντινος**). — 18. **der Fettglanz,** 'greasy' or 'resinous luster.' **der Eläolith,** 'elaeolite' (**ἔλαιον**, 'olive oil,' **λίθος**, 'stone'); a variety of nephelite, occurring in glassy hexagonal crystals at Vesuvius. — 19. **stark glänzend,** 'splendent'; **glänzend,** 'shining'; **schimmernd,** 'glistening,' 'glimmering'; **matt,** 'dull.'

166. 1. **der Schwerspat,** 'sulphate of baryta,' 'heavy spar' (βαρύς, 'heavy,' German *schwer*). — 2. **die Doppelbrechung,** 'double refraction.' — 3. Dative depending on **eigentümlich.** — 4. **der Malachit,** 'malachite'; green carbonate of copper. — 5. **die Kupferlasur,** 'lazulite' (Low Latin *lazulus, lazurius, lazur,* from the same Oriental source as English *azure*); it is a mineral of a light indigo-blue color; also called blue spar; it is a hydrous phosphate of alumina and magnesia. — 6. **speisgelb,** 'pale-bronze yellow.' — 7. **messinggelb,** 'brass yellow.'

167. 1. **der Strich,** 'streak,' 'striation.' — 2. **das Biskuit,** 'biscuit,' 'bisque' (French *biscuit,* from *bis,* 'twice,' and *cuit,* past participle of *cuire,* 'cook,' 'bake'; cf. Latin *bis,* 'twice,' and *coctus,* past participle of *coquere,* 'cook,' 'bake'); earthen ware or porcelain which has undergone the first baking, before it is subjected to the glazing. — 3. **der Eisenglanz,** 'iron glance'; *glance* is the name given to some sulphides, mostly dark-colored, which have a brilliant metallic luster. — 4. **der Dichroismus,** 'dichroism' (δίχροος, 'two-colored,' from δι = δίς, 'twice,' and χρόα, 'color'). — 5. **der Turmalin,** 'tourmaline' (*tournamal,* a name given to this stone in Ceylon). — 6. **das Cordierit,** 'cordierite' (named after the geologist Cordier). — 7. **dichroskopisch,** 'dichroscopic'; pertaining to the dichroscope (δι = δίς, 'twice'; χρόα, 'color,' and σκοπεῖν, 'view'), an instrument for examining the dichroism of crystals. — 8. **damit,** 'with it,' that is, with dichroism. — 9. Cf. note on 157, 7.

168. 1. **der Pyknometer,** 'pycnometer' (πυκνός, 'dense,' 'compact,' and μέτρον, 'measure'); a specific-gravity bottle; a standard flask for measuring and comparing the densities of liquids. — 2. **die hydrostatische Wage,** 'hydrostatic balance' (ὕδρα, akin to ὕδωρ, 'water,' and στατικός, 'causing to stand'). — 3. **gediegen,** 'unmixed,' 'pure.'

171. 1. **aufbrausen,** 'effervesce,' 'ferment.'

172. 1. **das Lötrohr,** 'blow-pipe.' — 2. **der Dimorphismus,** 'dimorphism' (δίς, 'twice,' and μορφή, 'form'); crystallization in two independent forms of the same chemical compound. — 3. **der Aragonit,** 'aragonite' (from Aragon in Spain); identical in composition with calcite or carbonate of lime, but differing from it in its crystalline form and some of its physical characters. — 4. **die Polymorphie,** 'polymorphism,' 'pleomorphism' (πλείων, 'more,' and μορφή, 'form'). — 5. **der Markasit,** 'marcasite' (Arabian *marqashîtha*); a sulphide of iron resembling pyrite or common iron pyrites in composition, but differing in form. — 6. **der Rutil,** 'rutile' (Latin *rutilus,* 'red inclining to golden yellow'). **der Anatas,** 'anatas,' 'octahedrite.' **der Brookit,** 'brookite' (named from the English mineralogist H. J. Brooke).

173. 1. **der Isomorphismus,** 'isomorphism' (*ἴσος*, 'equal,' and *μορφή*, 'form'). — 2. **der Chromalaun,** 'chrome alum'; analogous to, and crystallizing like, common alum.

174. 1. **der Feldspat**; cf. note on 99, 12; **der Leucit,** 'leucite' (*λευκός*, 'white'); silicate of alumina and potash; **der Augit,** 'augite' (*αὐγίτης* from *αὐγή*, 'brightness'), a variety of pyroxene; **das Olivin,** 'olivine,' 'olivite'; the yellowish green mineral chrysolite, especially the variety found in eruptive rocks. — 2. **das Abraumsalz,** 'saline deposit.' — 3. **das Bitterwasser,** 'bitter mineral water,' 'water impregnated with sulphate of magnesia.'

175. 1. **zerreiblich,** 'friable'; cf. *reiben*, 'rub,' and *zerreiben*, 'rub (grind, pound) into small particles,' 'pulverize.' — 2. **der Grus,** 'rubbish,' 'gravel.' — 3. Cf. note on 11, 5. — 4. **der Pseudomorphos,** 'pseudomorph' (*ψευδής*, 'lying,' 'false'); a pseudomorphous crystal has a form that does not result from its own powers of crystallization, as a crystal consisting of quartz, but having the cubic form of fluor spar. — 5. **der Einsiedlerkrebs,** 'hermit crab'; a marine decapod crustacean of the family *Paguridae;* the hermit crabs usually occupy the dead shells of various univalve mollusks.

176. 1. **blechförmig,** 'lamellar'; **drahtförmig**; cf. note on 160, 6. 2. **geschmeidig**; cf. note on 165, 9. — 3. **das Königswasser,** 'aqua regia,' 'nitromuriatic acid.'

177. 1. Cf. note on 161, 16. — 2. Cf. note on 162, 2. — 3. **das Seifengold = Waschgold,** 'gold obtained by washing,' 'wash gold,' 'alluvial gold.' — 4. **Siebenbürgen,** 'Transylvania.' — 5. **die Legierung,** 'alloy.' — 6. **anlaufen,** 'get dim,' 'tarnish.' — 7. **der Erzgang,** 'lode.' 8. The Harz Mountains (the ancient *Sylva Hercynia*) form the most northerly mountain-system in Germany, situated between the rivers Weser and Elbe; they occupy an area of 786 square miles, of which 457 belong to Prussia. **Erzgebirge,** extending in a west-southwest direction from the Elbe to the Fichtelgebirge; it is a mountain chain on the boundary of Saxony and Bohemia; as its name indicates, it is famous for its mineral ores. **Kongsberg,** a mining town in the district of Buskerud in Norway, is situated on the Laagen, about sixty miles southwest of Christiania by rail; population about 5000. The **Altai mountains** in Central Asia separate the table lands of Mongolia from Siberia. — 9. **das Rotgültigerz** or **Rotgüldenerz,** 'pyrargyrite' (*πῦρ*, 'fire,' and *ἄργυρος*, 'silver'), 'ruby silver'; it is a sulphide of antimony and silver, of a dark red or black color with a metallic or adamantine luster. **der Silberglanz,** 'argentite' (Latin *argentum*, 'silver'), 'vitreous silver,' 'silver glance'; it has a metallic luster, a lead-gray color, and is sectile like lead.

178. 1. **ästig,** 'coralliform,' 'coralloidal' (branching like a coral); cf. *der Ast,* 'branch.' — 2. **das Rotkupfererz,** 'red copper ore.' **der Malachit,** 'malachite' (μαλάχη, 'a mallow'), from its resembling the green color of the leaf of mallows. — 3. The **Ural** mountains extend from the Arctic ocean southward nearly to the Caspian Sea, and separate Europe from Asia. — 4. **der obere See,** 'Lake Superior.' — 5. **Melaphyre** (μέλας, 'black,' and πορφυρίτης, 'porphyry') is a term variously applied to some dark-colored augitic, eruptive rocks allied to basalt. **der Mandelstein,** 'amygdaloid' (ἀμύγδαλον, 'almond,' German *die Mandel*) is the name of a trap or basaltic rock, containing small cavities occupied by nodules or geodes of different minerals. — 6. **der Kupferkies,** 'copper' or 'yellow pyrites'; the sulphide of copper and iron. — 7. **der Kupferschiefer,** 'cupriferous slate.' — 8. **das Iridium,** 'iridium' (Latin *iris, iridis,* 'rainbow'), so called from the iridescence of some of its solutions. **das Palladium,** 'palladium'; so named by Dr. Wollaston in 1804 from the asteroid *Pallas,* which was discovered in 1802. **das Osmium,** 'osmium' (ὀσμή, 'smell,' 'odor'), so named from the strong chlorine-like odor of osmic tetroxide. — 9. **schweissen,** 'weld.'

179. 1. **das Quecksilber,** 'quicksilver'; the metal mercury, so called from its resemblance to liquid silver. — 2. **das kleine Tröpfchen,** 'globule.' — 3. **das Zinnober,** 'cinnabar' (κιννάβαρι, probably of Oriental origin); red sulphide of mercury; **Krain,** 'Carniola,' a province of Austria; **die bayerische Pfalz,** 'Bavarian Palatinate.' — 4. **Nickel,** a bright silver-white metallic element of the iron-group; hard, malleable and ductile; — **der** or **das Kobalt,** 'cobalt'; a tough, lustrous, reddish white metal of the iron group; **der Phosphor,** 'phosphorus' (Latin 'the morning star'); cf. note on 87, 9; a poisonous non-metallic element of the nitrogen group. — 5. **das Ätzen** or **die Ätzung,** 'corrosion.' — 6. 'Widmanstätten Figures'; so called after A. B. Widmanstätten of Vienna, who first described them in 1808. — 7. **kerben,** 'notch', 'jag,' 'indent.' — 8. **der Achtundvierzigflächner,** 'a solid with forty-eight faces.' — 9. **linsenförmig**; cf. note on 160, 3. — 10. **die Zwillinge,** 'twins'; a compound crystal composed of two or more crystals or parts of crystals, in reversed position with reference to each other.

180. 1. Subjunctive of indirect discourse. — 2. **das Kap,** 'cape'; in this connection, 'Cape of Good Hope.' — 3. **der Brillant,** 'brilliant,' has a *crown* or upper part, consisting of a large central eight-sided facet, and a series of facets around it, and a *collet* or lower part of pyramidal shape, consisting of a series of facets, with a smaller series near the base of the crown. — 4. **die Rosette,** 'rose diamond'; one

side of it is flat, and the other cut into twenty-four triangular facets in two ranges, which form a convex face pointed at the top. — 5. **der Diamantbort,** 'diamond bort'; imperfectly crystallized or coarse diamonds, or fragments made in cutting good diamonds, which are reduced to powder and used in lapidary work.

181. 1. **der Koks,** 'coke.' — 2. **Carbonado**; a black variety of diamond, found in Brazil, and used for diamond drills; it occurs in irregular or rounded fragments, rarely distinctly crystallized, with a texture varying from compact to porous. — 3. **die Bohrmaschine,** 'boring' or 'drilling engine.'

Anthropology.

182. 1. The following article is taken from a treatise on *Anthropologie*, published by Professor E. Rebmann of the Gymnasium at Karlsruhe in the *Sammlung Göschen* in 1891. — 2. **dickflüssig,** 'thickened,' 'concreted.' — 3. **spec. Gew.** = *specifisches Gewicht.* — 4. **das Serum,** 'serum'; the blood serum is the pale yellowish fluid which exudes from the clot formed in the coagulation of the blood. — 5. **sich sondern,** 'separate'; cf. the English verb *sunder.* — 6. **der Blutkuchen,** 'clot.' — 7. **gerinnen,** 'coagulate.' **Das Fibrin,** 'fibrin'; cf. German *Faser*, 'fibre,' and *Stoff*, 'matter.' — 8. Cf. note on 19, 3. — 9. **das kreisförmige Scheibchen,** 'circular disk.' — 10. **gallertartig,** 'gelatinous.' — 11. **das Hämoglobin,** 'haemoglobin' or 'hemoglobin' (*hemo*, from αἷμα, 'blood,' and *globe*). — 12. **das Eiweiss,** 'the white of an egg,' 'albumen.'

183. 1. **Amöbe,** 'amoeba' (ἀμοιβή, 'change'). — 2. **weiterfliesst,** why not *fliesst . . . weiter?* — 3. **zu Grunde gehen,** 'perish.' — 4. **die Milz,** 'milt,' 'spleen'; **das Knochenmark,** 'marrow of the bones.' — 5. **Die Spitze,** 'apex.' — 6. **Die Brusthöhle,** 'cavity of the chest.' — 7. **etwas etc.,** 'somewhat inclined, from the rear above towards the front below.' — 8. **quergestreift,** 'transversely striped.' — 9. **der etc.,** literally, 'which, however, is wholly withdrawn from the will'; translate: 'over which, however, the will exercises no control whatever.' — 10. **netzartige Verzweigungen,** 'reticulated ramifications'; cf. Latin *reticulum*, diminutive of *rete*, 'net.' — 11. **Die Vorkammer,** 'auricle'; so called from its resemblance to the auricle (Latin *auriculum*, diminutive of *auris*, 'ear') or external ear of some quadrupeds. — 12. **Die Herzkammer,** 'ventricle.' — 13. **Der Muskelbündel,** 'fascicle of muscles'; cf. German *Bündel*, Latin *fascis*, English 'bundle.' — 14. **Die Längsscheidewand,** 'longitudinal partition-wall,' 'septum.'

184. 1. **Die seichte Furche,** 'slight furrow.' — 2. **Die Rinne,** 'groove.' — 3. Cf. note on 40, 1. — 4. **leistenförmig,** 'lattice-like.' — 5. **Der Fleischbalken,** 'fleshy column,' *columna carnea.* — 6. **häutig,** 'membranous,' 'cuticular.' — 7. **Der Herzbeutel,** 'pericardium' (*περί*, 'about,' and *καρδία*, 'heart'). — 8. **Das Zwerchfell,** 'diaphragm' (*διάφραγμα*, from *διά*, 'through,' and *φραγνύναι*, 'fence,' 'inclose'); cf. German *zwerch*, 'across,' and *das Fell*, 'skin.' — 9. **Der Blutstrom,** 'blood stream,' 'blood plasma.' — **Die Rückstauung,** 'recoil.' — 10. **Das Ventil** or **die Klappe,** 'valve.' — 11. **dreizipflig,** 'tricuspid' (Latin *tri*, akin to *tres*, 'three,' and *cuspis*, 'point'); cf. German *Zipfel*, 'cusp,' 'point,' 'end'; **zweizipflig,** 'bicuspid.' — 12. **halbmondförmig,** 'semilunar.'

185. 1. Cf. note on 29, 1.— 2. Cf. note on 13, 2.— 3. **durchspülen,** 'wash,' 'cleanse.' — 4. **diese** = *die Lunge;* that is, the blood passes through vessels which traverse the lungs. — 5. **die Zusammenziehung,** 'contraction,' 'systole' (*συστολή*, from *συστέλλειν*, 'contract'; *σύν*, 'with,' 'together,' German *zusammen*, and *στέλλειν*, 'place'). — 6. **schlaff,** 'relaxed'; **erschlaffen,** 'relax,' 'slacken'; **die Erschlaffung,** 'relaxation.' — 7. **Die Vene,** 'vein' (Latin *vena*).

186. 1. **sie** depends on **drehend.**— 2. **straff gespannt,** 'tightly stretched.'— 3. **sich zurückschlagen,** 'be driven in.' — 4. **zurück,** adverb, belongs to the following words; it is not a separable prefix. — 5. **ccm** = 'cubic centimeter.' — 6. **Das Blutgefäss,** 'blood vessel.' — 7. **aus Haut** = *häutig*, 'membranous'; cf. note on 184, 6.

187. 1. **das Haargefäss,** 'capillary' (Latin *capillaris*, from *capillus*, 'hair'; cf. German *Haar*, 'hair'). — 2. **die Schleife,** 'loop.' — 3. **das Stämmchen,** 'stump.' — 4. **die Körpervene,** 'veinous trunk,' 'vena cava'; **zusammenlaufen,** 'converge.' — 5. **die Arbeitsstelle,** 'workroom.' — 6. **dickwandig,** 'thick-walled'; cf. *dünnwandig.* — 7. **entsprechend,** 'corresponding.'— 8. **schwanken,** 'fluctuate.' **mm** = millimeter. — 9. **entsprechend,** adverb. — 10. **die Kranzarterie,** 'coronary artery' (Latin *coronarius*, from *corona*, 'crown'; cf. German *Kranz*, 'wreath'). — 11. **die Aorta,** 'aorta' (*ἀορτή* from *ἀείρειν*, 'lift,' 'heave'). **die Körperarterie,** 'main artery.' — 12. **in einem Bogen herüberschlagen über . . .,** 'arch over . . .,' 'pass like an arch over . . .' — 13. **die Wirbelsäule,** 'spine.' **sich ziehen an . . .,** 'draw towards . . .'

188. 1. **die Lungenarterie,** 'pulmonary artery.' — 2. **sich in zwei Äste gabeln,** 'run out like a fork into two branches (*bronchi*)'; 'be bifurcated' (Latin *bis*, 'twice,' and *furca*, 'fork'; cf. German *die Gabel*, 'fork'). — 3. **der Lungenflügel,** 'wing of the lungs.' Each lung occupies a separate cavity in the thorax. — 4. **die Hohlvene,** 'vena cava' (Latin

cavus, -a, -um, 'hollow'; cf. German *hohl*, 'hollow'). The *superior vena cava* conveys to the auricle the blood that has been circulating in the body above the diaphragm; the *inferior vena cava* conveys to the auricle the blood that has been circulating in the parts of the body below the diaphragm. — 5. **die Lungenvene**, 'pulmonary vein.' — 6. **innehalten**, 'observe.' — 7. **die Baucheingeweide**, 'viscera of the abdomen'; cf. *das Eingeweide*, 'bowels,' 'entrails.' — 8. **der absteigende Ast**, 'descending branch.' — 9. **der Darm**, 'intestine.' — 10. **die Pfortader**, 'cystic vein,' 'vena portae' (Latin *porta*, genitive *portae*, 'a gate'; cf. German *Pforte*, 'a gate'). — 11. **die Galle**, 'bile.' — 12. **die Lebervene**, 'hepatic vein' (*ἡπατικός*, from *ἧπαρ*, 'liver'; cf. German *die Leber*, 'liver').

189. 1. **verengern**, 'narrow,' 'contract.' — 2. **anpassen**, 'adapt.'— 3. **der Sinn**, 'direction.'— 4. **ruckweise**, adverb; cf. note on 91, 1. **stossweise**, 'by pulsation'; **der Stoss** or **Herzstoss**, 'throb,' 'beat,' 'pulsation.' — 5. **sich brechen**, 'be broken,' 'abate.' — 6. **abwärts laufend** = *absteigend*; cf. note on 188, 8. The verb is in the singular, although there are several subjects in this sentence; cf. note on 34, 3. — 7. **in erster Linie**, 'in the first rank,' 'chiefly'; **die Saugkraft**, 'power of suction,' 'breathing power'; **der Brustkorb** or **Brustkasten**, 'chest,' 'thorax' (*θώραξ*). — 8. **das Rückströmen**, 'regurgitation,' 'recoil.' — 9. **sich in die Länge ziehen**, 'become elongated.' — 10. **einmalig**, 'occurring once,' 'single.'

190. 1. **das Gewebe**, 'tissue.' — 2. **spült die verbrauchten Stoffe weg**, 'washes away the waste products'; cf. *verbrauchen*, 'use up.' — 3. **das Lymphgefäss**, 'lymphatic vessel.' — 4. **genau**, 'exactly.' — 5. **verlaufen**, 'flow away,' 'scatter.' — 6. **Die Bauchhöhle**, 'abdominal cavity.' — 7. **die Chylusgefässe**, 'chyliferous vessels.' — 8. **die Lymphdrüse**, 'lymphatic gland'; **das Lymphkörperchen**, 'lymphatic corpuscle.' — 9. **die Schlüsselbeinvene**, 'clavicular vein'; **das Schlüsselbein**, 'collar bone,' 'clavicle' (Latin *clavicula*, 'a little key,' from *clavis*, 'key'; cf. German *der Schlüssel*, 'key'). — 10. The chyle is a milky fluid found during the period of digestion in the delicate lacteal vessels which pass from the walls of the intestine. The lacteals join the lymphatics at the back of the abdomen to form the thoracic duct in which the lymph and chyle become mingled together. — 11. **der Blutzufluss**, 'influx of blood.' — 12. **die Absonderung**, 'secretion.'

191. 1. **die Atmung**, 'breathing,' 'respiration.' — 2. **die schildförmige Knorpel**, 'thyroid cartilage' (*θυρεοειδής*, 'shieldshaped,' from *θυρεός*, 'large, oblong shield,' and *εἶδος*, 'shape'). — 3. **die ringähnliche Knorpel**, 'cricoid cartilage' (*κρίκος*, 'ring'); **der Kehlkopf**,

'larynx.' — 4. **die Luftröhre,** 'windpipe,' 'trachea.' — 5. **die Aufnahme,** 'introduction.' — 6. **die Abgabe,** 'removal.'

192. 1. **die Mundhöhle,** 'cavity of the mouth'; **die Nasenhöhle,** 'nostril,' 'nasal cavity.' — 2. **der Halswirbel,** 'cervical vertebra' (Latin *cervix*, *cervicis*, 'neck'; cf. German *der Hals*, 'neck'). — 3. **der Brustwirbel,** 'dorsal vertebra'; 'thoracic vertebra'; **sich gabeln**; cf. note on 188, 2. — 4. Cf. note on 188, 3. — 5. **die Schleimhaut,** 'mucous membrane.' — 6. **die Knorpel,** cf. note on 191, 2. — 7. **die elastische Bandmasse,** 'mass of elastic filaments.' — 8. **Schlucken,** 'swallow'; infinitive used as a noun. — 9. **die Längsrichtung,** 'longitudinal direction.' — 10. **das lose Bindegewebe,** 'loose texture of filaments.' **verwachsen sein,** 'be joined,' 'be connected (in growing).' — 11. **das schwammige Gefüge,** 'spongy tissue,' 'cancellated texture.' — 12. **sich anlegen,** 'adhere to.' — 13. **wiederholen die Wölbung,** 'follow the convexity.' — 14. **hohl,** 'concave.' — 15. **anliegen** = *sich anlegen*; cf. note 12 above. — 16. **der Einschnitt,** 'incision.'

193. 1. **die** = *welche*; **der Lungenlappen,** 'lobe of the lungs.' — 2. **das Feld,** 'compartment.' — 3. **der Luftröhrenast,** 'bronchus,' 'bronchial tube.' — 4. **der Knorpelring,** 'annular cartilage.' — 5. **das Knorpelplättchen,** 'thin, cartilaginous plate.' — 6. **traubenförmig,** 'cluster-like.' — 7. **die kolbige Ausstülpung,** 'tuberculous prominence' (Latin *tuber*, 'hump,' 'knob'; cf. German *der Kolben*, 'knob'). — 8. **das Lungenbläschen,** 'vesicle of the lungs' (Latin *vesica*, 'bladder,' 'blister'; cf. German *Bläschen*, 'small blister').

194. 1. **umspinnen,** 'envelop as in a web.' — 2. **der Herzbeutel**; cf. note on 184, 7. — 3. **das Brustfell,** 'pleura,' 'pleural membrane'; cf. *das Fell*, 'skin,' 'hide.' — 4. **Einatmen,** 'inhale'; cf. *der Atem*, 'breath.' — 5. **Abflachen,** 'flatten gradually'; **des nach oben gewölbten Zwerchfells,** 'of the upper convex surface of the diaphragm.' — 6. **so muss etc.,** 'the outer air must stream into the pulmonary cavity in which the air has been rarefied.' — 7. **Ausatmen,** 'exhale.' — 8. **sich wölben,** 'arch,' 'form an arch,' 'become convex.'

195. 1. **das Zuthun,** 'assistance,' 'coöperation.' — 2. **seelisch,** 'psychical.' — 3. **haften bleiben,** 'remain attached.'

196. 1. **sich abspielen,** 'occur,' 'take place.' — 2. **die Augenhöhle,** 'orbit,' 'socket of the eye.' — 3. **das Nasenbein,** 'nasal bone'; **das Stirnbein,** 'frontal bone'; **das Jochbein,** 'jugal bone' (Latin *jugalis*, from *jugum*, 'yoke'; cf. German *Joch*, 'yoke'), 'cheek-bone'; **der Oberkiefer,** 'upper jaw-bone.' — 4. **das Keilbein,** 'sphenoid bone' (σφηνοειδής, from σφήν, 'wedge,' and εἶδος, 'form'; cf. German *der Keil*, 'wedge'); **das Siebbein,** 'ethmoid bone' (ἠθμός, 'sieve'; cf. German

das Sieb); **das Thränenbein,** 'lachrymal bone' (Latin *lacrima*, 'tear'; cf. German *die Thräne*). — 5. **die Umkapselung,** 'capsular ligament.' — 6. **wird von . . . ausgekleidet,** 'is lined with . . .' — 7. **der Augapfel,** 'eyeball.' — 8. **die Hautfalte,** 'membrane.' — 9. **das Augenlid,** 'eyelid,' 'palpebra.' — 10. **das dünne Knorpelstäbchen,** 'thin plate of fibro-cartilage,' 'tarsal cartilage.' — 11. **die Wimpern,** 'eyelashes,' 'cilia.' — 12. **borstenförmig,** 'bristly,' 'setaceous' (Latin *seta*, 'bristle'; cf. German *die Borste*, 'bristle'). — 13. **die Schleimhaut**; cf. note on 192, 5.

197. 1. **die Thränendrüse,** 'lachrymal gland.' — 2. **lappig,** 'flabby,' 'lobate,' 'lobulated.' — 3. **absondern**; cf. note on 190, 12. — 4. **der Augenwinkel,** 'corner of the eye,' 'canthus.'

198. 1. The *puncta lachrymalia* are minute orifices, one at the inner end of the free border of each eyelid. — 2. **der Reiz,** 'irritation.' — 3. **die Hornhaut,** 'horny skin,' 'cornea' (Latin *corneus*, 'horny,' from *cornu*, 'horn'). — 4. **die Übermüdung,** 'excessive fatigue.' — 5. **die Sehaxe,** 'optic axis.' — 6. **das Hemmungsband,** 'restraint,' 'check.' — 7. **gleichgerichtet,** 'turned in the same direction.' — 8. **im selben Sinn,** 'with the same tendency.' — 9. **Schielen,** 'squint'; infinitive used as a noun. — 10. **die Bindehaut,** 'conjunctiva' (Latin *conjunctivus* from *conjungere*, 'join'; cf. German *binden*, 'bind,' 'join.' — 11. **die Schichte,** 'coat,' 'tunic'; *Schichte* (in geology), 'stratum,' 'layer.'

199. 1. **Sclerotica,** 'sclerotic coat' (*σκληρός*, 'hard'). — 2. **der Sehnerv,** 'optic nerve.' — 3. **die Chorioidea,** 'choroid coat of the eye,' *tunica vasculosa*. — 4. **die Regenbogenhaut,** 'iris.' In classical mythology Iris is the goddess of the rainbow. In anatomy iris denotes the contractile membrane perforated by the pupil and forming the colored portion of the eye.

200. 1. **der Strahlenkranz,** 'ciliary body.' — 2. **strahlenförmig,** 'radiated.' — 3. **ein etc.,** 'an annular membrane terminating in short, sharp points.' — 4. **die Linse,** 'lens' (Latin *lens*, 'lentil'; it is so named from the resemblance in shape of a double convex lens to the seed of a lentil). — 5. **das Muskelband,** 'muscular tissue.' — 6. **der Netzhaut** is in the dative singular, governed by *von*. **Retina** is derived from Latin *rete*, 'net.' — 7. **der Vorderrand,** 'anterior margin.' — 8. **die Sehgrube,** *fovea centralis* (Latin *fovea*, 'slight depression,' 'pit'; cf. German *die Grube*, 'pit'). The *fovea centralis* or yellow spot is a small yellowish depression in the center of the *retina* where vision is most acute. — 9. The blind spot is insensible to light. — 10. **die wässerige Flüssigkeit,** 'aqueous humor.' — 11. **der Glaskörper,** 'vitreous body.' — 12. **vom Rand . . . zunehmender,** 'increasing in thickness from the border

towards the middle.' The crystalline lens is a transparent bi-convex lens.

201. 1. **schalenförmig,** 'cup-shaped,' 'in the form of a shell'; **angeordnet,** 'arranged,' 'contrived'; **schalenförmig angeordnete Schichten,** 'concentric layers.' — 2. **stärker gekrümmt,** 'more strongly curved,' 'more convex.' — 3. **die Linsenkapsel,** 'lens capsule' (Latin *capsula*, 'little box,' 'chest,' from *capsa*, 'chest,' 'case'). The capsule of the lens of the eye is a transparent and very elastic membrane, about twice as thick on the anterior as on the posterior surface of the lens. — 4. **gallertartig;** cf. note on 182, 10; **glashell,** 'diaphanous.' — 5. **die Kreuzungsstelle,** 'commissure' (Latin *commissura*, 'a joining together,' from *committere, commissum*, 'connect'). — 6. **verwachsen,** 'grow together'; 'interlace.' — 7. **vornehmlich,** 'principally.' — 8. **die knöcherne Umrahmung,** 'osseous frame.' — 9. **die Schutzeinrichtung,** 'protective contrivance.' — 10. **die Anheftungsstelle,** 'place of attachment.' — 11. **auf,** 'in relation to,' 'as concerns.' — 12. **brechen,** 'refract.'

202. 1. **verschwommen,** 'indistinct,' 'indefinite'; cf. *verschwimmen*, 'float into one another,' 'mingle.' — 2. Cf. note on 5, 6.

203. 1. **das Härterwerden** or **die Härtung,** 'hardening.' — 2. **das Unvermögen,** 'incapacity'; cf. *vermögen*, 'have the power.' — 3. **verschmelzen,** 'blend.' — 4. **Horopter,** 'horopter' (ὅρος, 'boundary,' and ὀπτήρ, 'one who looks'). The horopter is the line or surface in which are situated all the points which are seen single, while the point of sight, or the adjustment of the eyes, remains unchanged.

204. 1. **die Verschiebung,** 'displacement.'

205. 1. **mitwirken,** 'assist.' — 2. Cf. note on 198, 9. — 3. **das stereoscopische Sehen,** 'stereoscopic view.' The stereoscope (στερεός, 'solid,' German *körperlich*, and σκοπεῖν, 'see,' 'view') is an optical instrument for giving to pictures the appearance of solid forms, as seen in nature.

206. 1. **der Sehwinkel,** 'visual angle.' — 2. **der Knotenpunkt,** 'point of junction'; 'central point.' — 3. **erkennbar,** 'recognizable.' — 4. Cf. note on 205, 1. — 5. **wobei** refers to *Vorstellung;* **mitspielen bei . . .,** 'take part in . . .' — 6. **um so . . . je;** cf. note on 88, 4. — 7. **das Schätzen;** *schätzen*, 'estimate'; infinitive used as a noun; **die Strecke,** 'direction.' — 8. **die Bethätigung,** 'effectual proof.' — 9. Cf. note on 40, 1.

207. 1. **betreffend,** 'respective,' 'in question.' — 2. **die Helligkeit,** 'brightness.' — 3. **unverwandt,** 'fixed'; cf. *verwenden*, 'turn away.' — 4. **das Fensterkreuz,** 'window-sash.' — 5. **die Sehtäuschung** or **Augentäuschung,** 'optical illusion'; cf. *täuschen*, 'deceive.' — 6. **bedrucken,**

'stamp,' 'impress,' 'print'; **der Stoff,** 'material.' — 7. **die Eisscholle,** 'block of ice'; **die Empfindung** is in the accusative, depending on **hat.** — 8. **der Schwindel,** 'dizziness,' 'vertigo.'— 9. **hinsichtlich,** preposition with genitive, 'with regard to,' 'as to.'

208. 1. **anweisen,** 'direct,' 'require'; **das Nahrungsmittel,** 'nutriment,' 'means of subsistence.' — 2. **beziehen,** 'procure.' — 3. **der Stoff,** 'substance.' — 4. **Nahrungsmittel** is in the nominative. — 5. **das Eiweiss**; cf. note on 182, 12. — 6. **Kohlehydrat,** 'carbohydrate'; **die Stärke,** 'starch.' — 7. **seien erwähnt,** 'may be mentioned.' — 8. **der Leim,** 'gelatin,' 'animal jelly.'

209. 1. **das Getreidekorn,** 'grain of cereals.' — 2. **die Hülsenfrucht,** 'fruit of leguminous plants,' as peas, beans, etc.; cf. *die Hülse,* 'husk,' 'hull.' — 3. **das Reizmittel,** 'stimulant.' — 4. **das Gewürz,** 'spice.'— 5. **das Genussmittel,** 'means of enjoyment.' — 6. **gären,** 'ferment.'

210. 1. **das Kniegelenk,** 'knee joint.' — 2. **die Achselhöhle,** 'armpit.' — 3. **der Nährstoff** = *Nahrungsstoff* = *das Nahrungsmittel;* cf. note on 208, 1. — 4. **Die Rachenhöhle,** 'fauces.' — 5. **nach sich ziehen**; cf. note on 59, 10.

The Thermometer.

211. 1. Cf. note on 31, 6. — 2. **R. A. F. de Réaumur,** the eldest son of a French nobleman, was born at La Rochelle in 1683. He invented the thermometer which bears his name, in 1731; he died in 1757. — 3. **Gabriel Daniel Fahrenheit** was born at Dantzic, the capital of West Prussia, in 1686. In 1714 he conceived the idea of substituting mercury for spirits of wine in the construction of thermometers. He took as the zero of his thermometric scale the lowest temperature observed by him at Dantzic during the winter of 1709, which he found was that produced by mixing equal quantities of snow and *sal ammoniac* (chloride of ammonium). The space between this point and that to which the mercury rose at the temperature of boiling water he divided into 212 parts. Fahrenheit died in 1736. — 4. **zu Grunde liegen,** 'lie as a foundation,' 'be based on'; translate: 'there is much truth in Goethe's saying.' — 5. Cf. note on 14, 2. — 6. **das Zurückbeziehen**; *zurückbeziehen,* 'refer'; infinitive used as a noun. —7. **die . . . forschen,** 'which easily makes him neglect to inquire for deeper causes' or 'which easily causes him to feel as if he were above any need of searching for deeper causes.' — 8. **affizieren,** 'affect.' — 9. **die Über-**

schrift, 'heading,' 'title.' — 10. Cf. note on 23, 4. — 11. **die Vornahme,** 'undertaking,' 'proceeding.'

212. 1. Cf. note on 11, 6. — 2. **von gleicher Weite,** 'of equal capacity.' — 3. **die Herstellungsweise,** 'way of making,' 'manner of manufacturing.' — 4. **zuschmelzen,** 'close by melting,' 'seal hermetically.' — 5. **die Glasbläserlampe** or *Glasblaseröhre*, 'blowpipe'; **die Kugel,** 'bulb.' — 6. **vorderhand,** 'for the present.' — 7. **etwa,** 'perhaps.' — 8. **taxieren,** 'estimate.' — 9. **anbringen,** 'apply,' 'put up.' — 10. **etwas weniges,** 'a little bit'; **schadet nicht,** 'does no harm.' — 11. Cf. note 4 above. — 12. **der luftleere Raum,** 'vacuum.' — 13. **solchergestalt,** 'in such a way'; cf. *die Gestalt*, 'form,' 'shape'; cf. note on 57, 5. — 14. **der Quecksilberfaden,** 'thread of mercury.' **unverrückbar,** 'immovable,' 'unalterable; cf. *verrücken*, 'displace,' and *rücken*, 'move.' **sich einstellen,** 'appear'; cf. *stellen*, 'put,' 'place.'

213. 1. **Anders Celsius,** a Swedish astronomer, was born at Upsala, in 1701. In 1742 he invented the thermometer scale which bears his name; it is also called the Centigrade. He died in 1744. — 2. **mit Zugrundelegung dieses Verhältnisses,** 'taking this proportion as a base.' — 3. **die Regeldetri,** 'rule of three.'

214. 1. **die Fassung,** 'arrangement,' 'setting.' — 2. Cf. note on 212, 4. — 3. **ätzen,** cf. note on 49, 3. — 4. **miteinschliessen,** 'enclose.' — 5. Cf. note on 102, 5. — 6. **bieten,** 'offer,' 'present'; subjunctive of indirect discourse. — 7. **zeitraubend,** 'requiring much time'; cf. *rauben*, 'rob.' — 8. **beliebig,** 'at any time,' 'always.'

215. 1. Cf. note on 137, 2; **zu kaufen ist,** cf. note on 11, 6.

216. 1. **schon,** 'even.' — 2. **zugig,** 'draughty'; cf. *der Zug*, 'draught.' — 3. **derartig,** 'of that kind.' — 4. **liegend,** 'horizontally placed.' — 5. **die Weingeistfüllung,** 'filling up' or 'volume of alcohol.' — 6. **herschieben,** 'push'; why not *schiebt . . . her?* — 7. **das Zurückgehen**; *zurückgehen*, 'go back,' 'retrograde,' 'contract'; infinitive used as a noun; **liegen lassen,** 'let lie,' 'leave alone,' 'let remain in a place,' 'not displace.' — 8. Cf. note on 14, 2; **bleibt markiert,** 'remains registered.' — 9. **das Merkzeichen,** or *der Zeiger*, or *der Weiser*, 'index.'

217. 1. Cf. note on 216, 9. — 2. **liegen bleiben,** 'remain in one's place'; **vorwärtsdringen,** 'press forward,' 'expand.' — 3. **eintreten,** 'set in,' 'be reached.' — 4. **zusammenschrauben,** 'screw together'; **verlöten,** cf. note on 35, 1. — 5. **sich werfen,** 'twist,' 'warp'; **sich verziehen,** 'be drawn out,' 'become lengthened.' — 6. **der Stab,** 'rod'; **die Stange,** 'bar.' — 7. **winden,** 'coil.' — 8. **der Träger,** 'support'; cf. *tragen*, 'carry.' — 9. **übrigens,** 'otherwise.' — 10. Cf. note on 35, 1.

218. 1. **der Weiser**; cf. note on 216, 9. **der Gradbogen,** 'graduated arc.' — 2. **das Zifferblatt,** 'dial plate.'

The Compass.

219. 1. Cf. note on 31, 6. — 2. **die Eisenfeilspäne,** or *die Feilspäne*, 'iron filings'; cf. *der Span*, pl. *die Späne*, 'chips.' — 3. **haften bleiben**; cf. note on 195, 3. — 4. **bartähnlich,** 'like a beard,' 'in feathery tufts.' — 5. **reichlich,** 'plentifully,' 'abundantly'; **sich ansetzen,** 'cling to,' 'adhere to.' — 6. Cf. note on 86, 2.

220. 1. The skillful workman, Daedalus, who serves as a type of all the mythological conceptions of skill in handicraft, made for King Minos of the island of Crete a labyrinth, in the center of which a huge monster, called the Minotaur, was placed. No one who entered this labyrinth could find his way out again; he became the prey of the monster. The great hero of Athenian legends, Theseus, slew the Minotaur and escaped out of the labyrinth by the help of the clue which **Ariadne,** the daughter of Minos, had given him. — 2. Composition of Magnetite: peroxide of iron 69, protoxide 31; or iron 72.4, oxygen 27.6. — 3. **Lucretius,** one of the greatest Roman writers, has acquired a new interest in the present day. Physical philosophy is now occupied with the same problems as those which are discussed in the first two books of his *De Rerum Natura*. This work is written in verse (hexameters); it gives a complete account of the chief effort of the ancient mind to explain the beginning of things, and to understand the course of nature and man's relation to it. Lucretius was born about the year 98 B.C.; according to tradition he died by his own hand in the forty-fourth year of his age. — 4. **ehern,** 'brazen'; **die Schale,** 'vase.' The Greeks and Romans were aware that the attraction was confined to iron, or at all events was not indiscriminate, and that it was not destroyed by the intervention of other bodies, such as brass, between the magnet and the iron. — 5. Subjunctive of indirect discourse. — 6. **die Äusserungsweise,** 'way of manifestation.' — 7. Cf. note on 5, 6.

221. 1. **nahe liegen,** 'lie near,' 'be evident.' — 2. **die Tatarei,** 'Tartary' or more correctly 'Tatary.' It is the name under which, in the Middle Ages, was comprised the whole central belt of Central Asia, and Eastern Europe. But latterly the name had a much more limited signification, including only that tract bounded on the north by Siberia,

and on the south by China and Tibet, along with Independent Turkestan, and at the present day many writers apply it as a synonym for Turkestan. — 3. **schwimmen,** 'float.' — 4. **des Magnetes wird gedacht** = *der Magnet wird erwähnt,* 'the magnet is mentioned.' — 5. **schliessen auf . . .,** 'infer,' 'conclude'; **schliessen lassen auf,** 'imply.' — 6. **Marco Polo,** one of the most famous travelers in the Middle Ages, was born at Venice, in 1254. He reached the country of the Great Khan of the Mongols in 1275, where he was received with the utmost cordiality. He was often employed on missions to China and other distant countries which were then almost a *terra incognita;* after various adventures abroad and at home he died at Venice, in 1323. — 7. **habe erlernt,** subjunctive of indirect discourse. — 8. **der Leitarstein,** 'load-stone' (Icelandic *leidha,* Swedish *leda,* Old Saxon *lēdian,* akin to English *lead* and German *leiten*). — 9. **binden,** 'bind,' 'confine.' — 10. **der Stock,** 'bed.' — 11. **Dannemora,** 46 kilometers at the north of Upsala, has about 1300 inhabitants; it contains the most important iron-mines of Sweden; **Arendal,** a seaport town of Norway on the Skager Rack, has a population of about 7000; **der Harz,** cf. note on 177, 8. — 12. Cf. note on 48, 10.

222. 1. **die eiserne Schiene,** 'iron band,' 'armature of iron.' — 2. **auslaufen,** 'terminate.' — 3. A loadstone in the physical collection at Edinburgh, weighing itself three and one-half grains, had at one time a carrying power of 1560 grains. — 4. They are called *consequent poles.* — 5. Cf. note on 179, 4. — 6. Cf. note on 179, 4. — 7. Cf. note on 26, 2. — 8. Bragmann found that certain bodies, for instance bars of bismuth, when suspended between the poles of a powerful magnet, do not set axially between the poles, that is, in the line joining the poles, but equatorially, or at right angles to that line. Faraday made the important discovery in 1845 that all solids and liquids are either attracted or repelled by a powerful electromagnet. The bodies which are attracted are called magnetic or paramagnetic substances, and those which are repelled are **diamagnetic** bodies. Among the metals, iron, nickel, cobalt, manganese, platinum, cerium, osmium, and palladium are magnetic; while bismuth, antimony, zinc, tin, mercury, lead, silver, copper, gold, and arsenic, are diamagnetic, bismuth being the most so and arsenic the least. — 9. **überschwenglich,** 'excessive.' — 10. **Od,** 'od.' An alleged force or natural power supposed to produce the phenomena of mesmerism and to be developed by various agencies, as by magnets, heat, light, chemical action, etc.; it was called also odyle or the 'odylic force' (derived from ὁδός, 'passage'); **das Tischrücken,** 'table tipping,' 'table turning'; **die Wünschelrute,** 'divining rod.' — 11. **mit**

hineinrechnen, 'include'; cf. *rechnen,* 'count,' 'rank.' — 12. **naturwissenschaftlich ungebildet,** 'not educated in physical science.'

223. 1. Cf. note on 25, 10. — 2. **die bewegte Elektricität,** 'electricity in motion,' 'electrodynamics.' — 3. **in sich zurücklaufen**; cf. note on 131, 5. — 4. Ampère propounded a most ingenious theory, based on the analogy which exists between solenoids and magnets, by which all magnetic phenomena may be referred to electrodynamical principles. Instead of attributing magnetic phenomena to the existence of two fluids, Ampère assumed that each individual molecule of a magnetic substance is traversed by a closed electric current.

224. 1. **bestreichen,** 'touch.' — 2. **das Bündel,** 'fascicle.' — 3. **die Bruchfläche,** 'break.' — 4. **sich zuordnen,** 'be adjoined.' — 5. This phenomenon may be explained, according to some authorities, as well by the hypothesis of two magnetic fluids as by Ampère's theory. The existence of two hypothetical magnetic fluids is assumed, each of which acts repulsively on itself, but attracts the other fluid. It is supposed that, before magnetization, these fluids are combined round each molecule, and mutually neutralize each other. The experiment with broken magnets shows that the magnetic fluids are present in all parts of the bar, and not simply accumulated at the ends; it proves also that the magnetic fluids are not neutralized, but are simply latent; for if they had been neutralized, they would not have been set at liberty by the separation of the two particles.

225. 1. **die Boussole,** 'sea compass,' from French *boussole.* — 2. **sich selbst** is in the dative; the past participle **überlassen** is in apposition to **Nadel.** — 3. **sich bedienen,** 'make use of,' governs the genitive. — 4. **die Vermessung,** 'measurement,' 'survey.' — 5. **das Streichen,** 'bearing,' 'direction'; cf. *streichen,* intransitive verb, 'stretch,' 'extend.' — 6. **welche,** indefinite pronoun, 'some.' — 7. **das Hütchen,** 'cap.' — 8. **der Stift,** 'pivot.' — 9. **der eingeteilte Kreis,** or *die geteilte Kreisscheibe,* 'graduated circle,' 'compass card.' — 10. **das Marienglas,** 'isinglass,' 'leaf of mica'; cf. note on 99, 13. — 11. **die ausserhalb liegende Marke**; *ausserhalb, i.e., ausserhalb der Kreisscheibe,* 'outside the compass card' (but on the inside of the compass box); *die Marke,* 'mark.' It is a mark or vertical line on the box representing the ship's head; it is called the lubber's line, point or mark.

226. 1. **die Dose,** 'box.' — 2. **die Arretierung,** 'lever,' 'catch.' — 3. **abheben,** 'lift off,' 'dismount.' — 4. **die Windrose,** 'fly,' 'compass-card.' — 5. The star or rose with 32 branches marks the eight points or rhumbs of the wind, the semi-rhumbs, and the quarters. — 6. **das Gehäuse,** 'case'; cf. *das Haus.* — 7. **der Ring,** 'gimbal' or 'gimbals.'

It is a contrivance consisting of a ring in which a body can turn on an axis through a diameter of the ring, while the ring itself is so pivoted to its support that it can turn about a diameter at right angles to the first. — 8. **der Zapfen,** 'pivot.' — 9. **das Kompasshaus,** 'binnacle.'

227. 1. **das Steuerruder,** 'rudder,' 'helm'; **der Steuermann,** 'helmsman'; cf. *steuern*, 'steer.' — 2. **der Strich,** 'mark,' 'point,' the same as *die Marke;* cf. note on 225, 11. — 3. **erheischen,** 'demand.' — 4. **die Spindel,** 'barrel,' 'drum,' 'spindle'; **die Ankerwinde,** 'windlass,' 'capstan.' — 5. **der Erdmagnetismus,** 'terrestrial magnetism.' — 6. **noch so,** 'ever so.' — 7. **nahe liegen**; cf. note on 221, 1.

228. 1. **die Mittagslinie,** 'line of the meridian'; cf. *der Mittag*, 'midday,' 'noon.'

229. 1. Cf. note on 26, 3. — 2. **Dienste leisten,** 'render services.' — 3. **Gauss**; cf. note on 26, 5.

230. 1. In French books the end of the needle pointing north is called the austral or southern pole, and that pointing to the south, the boreal or northern pole, a designation based on the hypothesis of a terrestrial magnet, and on the law that unlike magnetisms attract each other.

231. 1. **die Isogonen,** 'isogonic lines' (*ἴσος*, 'equal,' and *γωνία*, 'angle'). — 2. **Agone,** 'agon' or 'agonic line' (*ἄγωνος*, 'without angles'; *ἀ* priv. and *γωνία*); it is the imaginary line where the magnetic needle points to the true north, or in other words, where the magnetic coincides with the geographical meridian. — 3. **die Isoklinen,** 'isoclinic lines' (*κλίνειν*, 'incline'); these are the lines connecting places in which the dipping needle makes equal angles. — 4. **Akline** or Nullisokline, 'aclinic line'; it is the line which joins all those places on the earth where there is no dip, that is, all those in which the dipping needle is quite horizontal. It is a somewhat sinuous line, not differing much from a great circle inclined to the horizon at an angle of 12°, and cutting it on two points almost exactly opposite each other, one in the Atlantic, and one in the Pacific. These points appear to be gradually moving their position, and traveling from east to west. The aclinic line is also termed the magnetic equator. — 5. **die Schiffsbücher,** 'logs.'

232. 1. **die Missweisung,** 'misdirection'; cf. *weisen*, 'show,' 'direct.' — 2. **vorgreifend,** adverb, 'by anticipation'; cf. *greifen*, 'grasp,' 'seize,' and *vor*, 'in front,' 'in advance.' — 3. Cf. notes on 11, 6 and 82, 4.

233. 1. **die Schwingungsdauer,** 'continuance of oscillation'; cf. *schwingen*, 'swing,' 'oscillate.' — 2. **die Cordillere,** 'cordillera' (Old Spanish *cordilla*, *cordiella*, diminutive of *cuerda*, 'a rope,' 'string'); the

name is often applied to the system of mountain chains near the border of a continent. — 3. **der Urwald,** cf. note on 96, 3. — 4. **der Amazonenstrom,** 'Amazon,' 'Maranon,' 'Orellana,' or 'Solimoens,' a river of South America, the largest in the world. — 5. **Elisha Kent Kane,** American traveler, scientist, and arctic explorer, was born in Philadelphia, in 1820. In 1843 Kane entered the United States navy as surgeon, and was appointed to the Brandywine, commissioned to carry Mr. Webster as United States minister to China. While the vessel remained at Rio Janeiro, the restless and eager Kane made a journey to the skirts of the Andes and explored their geology. On the fitting out of the first Grinnel expedition, in 1850, to search for Sir John Franklin, Kane was appointed surgeon and naturalist under Lieutenant De Haven, who commanded the two ships, the Advance and Rescue. On this and a subsequent expedition which sailed in 1853, Kane carried on with incessant diligence his scientific observations — magnetic, meteorological, astronomical, and tidal. Kane died at Havana, in 1857.

234. 1. Cf. note on 89, 6. — 2. **unter der Zeit,** 'in the meantime,' 'meanwhile.' — 3. **die Zuckung,** 'fluctuation.' — 4. **täglich,** 'diurnal' (Latin *diurnalis*, from *dies*, 'day'). — 5. **sich feststellen lassen**; cf. note on 1, 4. — 6. The phenomenon was observed at Bossekop, in Lapland, Lat. 70°.

235. 1. Cf. note on 69, 7. — 2. **licht,** 'luminous.' — 3. **gegen Norden zu**; cf. note on 13, 2. — 4. **der Streifen,** 'ray.' — 5. Cf. note on 48, 11. — 6. Cf. note on 13, 2. — 7. **das Lichtgewölbe,** 'luminous vault,' 'luminous cupola.' — 8. **der Reihe nach,** 'in turn.'

236. 1. **die Biegung** or *die Windung*, 'fold.' — 2. **die Krone,** 'boreal crown,' 'corona.'

237. 1. The existence of dark lines in the solar spectrum was first observed by Wollaston in 1802, but Fraunhofer (1787–1826), a celebrated physicist at Munich, first studied and accurately described them, and they are accordingly very commonly known as Fraunhofer's lines. He mapped the lines and indicated the most obvious of them by the letters A, a, B, C, D, E, b, F, G, H; he counted in the spectrum more than 600 dark lines, more or less distinct, distributed irregularly from the extreme red to the extreme violet ray. Brewster counted 2000. By causing the refracted rays to pass successively through several analyzing prisms the existence of 3000 dark lines was ascertained, and several which had been supposed single were shown to be double. — 2. **Anders Jonas Angström,** born in Sweden in the year 1814; he was for many years connected with the university of Upsala and he wrote extensively on heat, magnetism, and optics. Besides

Fraunhofer and Angström several physicists have studied the dark lines of the spectrum; especially Kirchhoff and Bunsen; the latter published in 1860 an account of the important applications to chemical analysis of which the dark lines of the spectrum admitted. They ascertained that the salts of the same metal, when introduced into a flame, always produce lines identical in color and position, but different in color, position, or number for different metals, — and finally that an exceedingly small quantity of a metal suffices to disclose its existence. Hence has arisen a new method of analysis, known by the name of spectral analysis. — 3. **das Zodiakallicht,** 'zodiacal light'; a luminous tract of the sky, of an elongated, triangular figure, lying near the ecliptic, its base being on the horizon, and its apex at varying altitudes; it is to be seen only in the evening, after twilight, and in the morning, before dawn; it is supposed to be due to sunlight reflected from multitudes of meteoroids revolving about the sun nearly in the plane of the ecliptic. — 4. **lässt sich auf die grosse Höhe . . . ein Schluss machen,** 'a conclusion may be made as to the great altitude . . .,' 'the great altitude . . . may be inferred'; **sich abspinnen,** literally 'spin itself off,' that is, 'be revealed,' 'be displayed,' 'be manifest.'

238. 1. **Elias Loomis,** born in Connecticut, in 1811, was for some time professor of natural science in Yale College. Among his works may be mentioned *Practical Astronomy*, *Treatise on Meteorology*, *Elements of Astronomy*. — 2. Cf. note on 48, 10. — 3. **die Sternschnuppe,** 'shooting star.'

239. 1. Cf. note on 14, 1. — 2. This is a quotation from Schiller's *Wallensteins Lager*. **der Kriegsmantel,** literally 'war cloak,' or 'warlike mantle'; of course a comet is meant.

240. 1. Cf. note on 14, 1.

Exercises.

Such phrases as are to be rendered by so-called participial clauses have been put in Italics; the student is expected to observe the rules given on page 241, note 3, 2.

Chemistry.

Although[1] the science of chemistry cannot be said to have originated[2] with Lavoisier (1743–1794),[3] the ideas[4] he put forth[5] concerning[6] the constitution of bodies and the explanations[4] he gave of various phenomena were new and gave to the science in the twenty years preceding[7] his death a completely altered[8] aspect. The mine[9] of chemistry had yielded[10] rich returns[11] long before Lavoisier came[12] to labor

1. **Although,** etc. = *although one cannot say that the science of chemistry originated with Lavoisier;* observe the rules on the transposed order. — 2. **originate,** 'entstehen'; for Lavoisier cf. note on 3, 11. — 3. When a dependent clause (here the clause beginning with *Although*) is put at the head of the sentence of which it forms part, the principal clause takes the inverted order; the latter is then often preceded by *so* and sometimes, to make the statement more emphatic, *doch* is added after the personal verb; translate 'so waren doch die Ideen . . .' — 4. The relative pronoun which is often omitted in English must always be expressed in German. — 5. **put forth,** 'entwickeln,' 'darlegen'; name the inseparable prefixes; remember the position of the prefix of a separable verb in the transposed order. — 6. **concerning,** 'in betreff,' followed by the genitive. — 7. **preceding his death,** may be rendered by a relative clause. — 8. **alter,** 'ändern,' 'verändern'; cf. *ander*, 'other,' 'different.' — 9. **mine,** 'die Fundgrube.' — 10. **yield,** 'liefern'; remember the position of the past participle in the normal order. — 11. **returns,** 'der Gewinn.' — 12. **came,** etc. = *came in order to labor in it* or = *began to labor in it.*

in it[1]; he availed[2] himself of the old workings[3] and, extending[4] them, opened[5] the main lode.[6] "He discovered," says Liebig, "no new body, no new property, *no natural phenomenon previously*[7] *unknown;* his merit, his immortal glory consisted[8] in this — that he infused[9] into the body of the science a new spirit." In the first of his papers, in 1765, Lavoisier indicates no doubt of the existence of phlogiston.[10] In 1775, he still spoke of it, but in the following year he expressed[11] his conviction that, for the elucidation[12] of certain phenomena, one must ascribe[13] to phlogiston other qualities than *those assigned to it*[14] *by Stahl.*[15]

(*Encyclopædia Britannica.*)

1. The personal pronouns of the third person (*er*, *sie*, *es*) are seldom used in the genitive or dative for inanimate objects. The demonstrative pronoun *derselbe* is generally substituted for them, but if the personal pronoun is governed by a preposition, the adverb *da* (*dar* before vowels or *n*) combined with that preposition may be used, thus **in it** may be rendered by 'darin' or 'in derselben.' — 2. **avail one's self of,** 'benutzen,' transitive verb. — 3. **workings,** 'die Arbeiten.' — 4. **extend,** 'erweitern.' The German participle cannot be used, as the English, to express adverbial relations of cause, time or manner: in such phrases as *not seeing him, he rode away* adverbial clauses introduced by a conjunction are generally substituted for the participial phrases, thus 'da er ihn nicht sah, ritt er fort.' The phrase **extending them** may be translated as if it read *while he extended them.* — 5. Inverted order, as the principal clause is preceded by a dependent clause; the subject *he* must be repeated (after *opened*). — 6. **lode,** 'der Gang,' 'die Ader.' — 7. **previously** = *until then;* cf. note on 3, 2. — 8. **consist,** 'bestehen,' to be distinguished from *entstehen*, 'originate,' 'come into existence.' **in this,** 'hierin,' 'darin.' Compounds of the adverbs *da* and *hier* with prepositions are often substituted for a demonstrative pronoun referring to an inanimate object and governed by a preposition. — — 9. **infuse into,** 'einflössen,' followed by the dative. — 10. Cf. note on 3, 5. — 11. **express,** 'äussern,' transitive verb; 'Ausdruck geben,' literally 'give expression to,' requires the dative. — 12. **elucidation,** 'die Erläuterung,' 'die Erklärung'; cf. *lauter*, 'pure,' and *klar*, 'clear.' — 13. **ascribe,** 'zuschreiben.' — 14. **to it,** dative without preposition; cf. note 1 above. — 15. Cf. note on 3, 4.

Physics.

I. Magnets.

Magnets[1] are substances which have the property of[2] attracting iron, and the term[3] magnetism is applied[4] to the cause of this attraction, and to the resulting[5] phenomena. This property was known[6] to the ancients[7]; it exists[8] in the highest degree in an ore[9] of iron which is known[10] in chemistry as[11] the magnetic oxide of iron. Its composition is represented by the formula Fe_3O_4. This magnetic oxide of iron, or loadstone,[12] as it is called, was[13] presumably[14] first found at Magnesia,[15] in Asia Minor,[16] and has derived[17] its name from this circumstance. It[18] is very abundant in nature; it is met[19] with in the older geological formations, especially in Sweden and Norway, where it[20] is worked as[11] an iron ore, and[21] furnishes the best quality of iron. When

1. Cf. note on 219, 6. — 2. **the property of attracting iron** = *the property to attract iron;* what is the position of the infinitive? — 3. **term,** 'der Ausdruck'; put *the term* in the accusative and use the inverted order. — 4. **is applied** = *one applies; apply to,* 'anwenden auf'; remember the position of the prefix of the separable verb. — 5. **result,** 'sich ergeben.' — 6. **known,** adjective, 'bekannt'; adjectives used predicatively are placed at the end of the clause. — 7. **the ancients,** 'die Alten.' — 8. **exist,** 'vorhanden sein,' literally 'be extant,' 'be existent'; *vorhanden* is used here as a predicate adjective; cf. note 6 above. — 9. **ore of iron,** 'das Eisenerz.' — 10. **is known** = *one knows;* what is the position of the verb in a relative clause? — 11. **as,** 'als.' — 12. Cf. note on 221, 8. — 13. **was . . . found;** the German passive is not formed by a combination with the auxiliary verb *to be;* position of the past participle? — 14. **presumably,** 'vermutlich'; cf. *presume,* 'vermuten.' — 15. Cf. p. 222, l. 5 ff. — 16. **Asia Minor,** 'Kleinasien.' — 17. **has derived** = *one has derived; derive,* 'ableiten'; position of the prefix *ab?* — 18. **It,** etc. = *it occurs very frequently in nature; occur,* 'vorkommen.' — 19. **it is met with** = *one meets with it; meet with,* 'treffen,' transitive verb. — 20. **it is worked** = *one works it; work,* 'bearbeiten'; position of the verb? — 21. add *where it.*

a bar[1] of steel is rubbed[2] with a magnet, it acquires magnetic properties. Such bars are called artificial magnets[3]; they are more powerful than natural magnets.

(Ganot's *Physics.*)

II. Thermo-dynamics.

Thermo-dynamics[4] is that branch of science that treats[5] of the relation between heat[6] and mechanical work. One[7] of the most important discoveries[8] in science is that[9] of the equivalence[10] of heat and work; that is that a definite quantity of mechanical work can always produce a definite quantity of heat; and conversely,[11] this heat, if[12] the conversion[13] were complete, can perform the original quantity of work.

The proof of *the facts just stated*[14] was one[7] of the most important steps in the establishment of two grand conceptions[15] of modern science: (1) That all kinds of energy[16] are so related[17] to one another that energy of any kind can[18] be changed into energy of any other kind, — known as the doctrine of correlation of energy. (2) That when one form

1. **a bar of steel,** 'ein Stahlstab.' — 2. Cf. note on 224, 1. — 3. Cf. p. 224, ll. 16 to 20. — 4. **Thermo-dynamics,** 'die Thermodynamik.' — 5. **treat of** . . ., 'handeln von'; position of the verb? — 6. **heat,** 'die Wärme'; read carefully page 26, line 31, to page 27, line 4. — 7. *ein*, when used absolutely, or pronominally, standing for a noun understood, is declined like *dies* or an adjective of the first (strong) declension, that is, the nominative singular is not *ein*, *eine*, *ein*, but *einer*, *eine*, *eines* (*eins*). — 8. **discovery,** 'die Entdeckung.' — 9. The definite article can be used as a demonstrative pronoun; what gender? — 10. **equivalence,** 'die Gleichwertigkeit,' 'das Äquivalent.' — 11. Cf. note on 27, 1; use the inverted order. — 12. Omit *if* and use the inverted order. — 13. **Conversion,** 'die Umwandlung.' — 14. **state,** 'angeben,' 'erwähnen.' — 15. **conception,** 'die Idee,' 'der Begriff.' — 16. **energy,** 'die Kraft.' — 17. **be so related to** . . ., 'sich so zu . . . verhalten'; position of the verb? — 18. **can be changed;** *change*, 'verwandeln'; cf. note on 1, 4.

of energy disappears, an exact equivalent of another form always takes[1] its place, so that the sum[2] total of energy is unchanged, — known as the doctrine of conservation[3] of energy. These two principles constitute[4] the corner-stone of physical[5] science.

(*Introduction to Physical Science*, by A. P. Gage, Ph.D. Ginn & Co., 1891.)

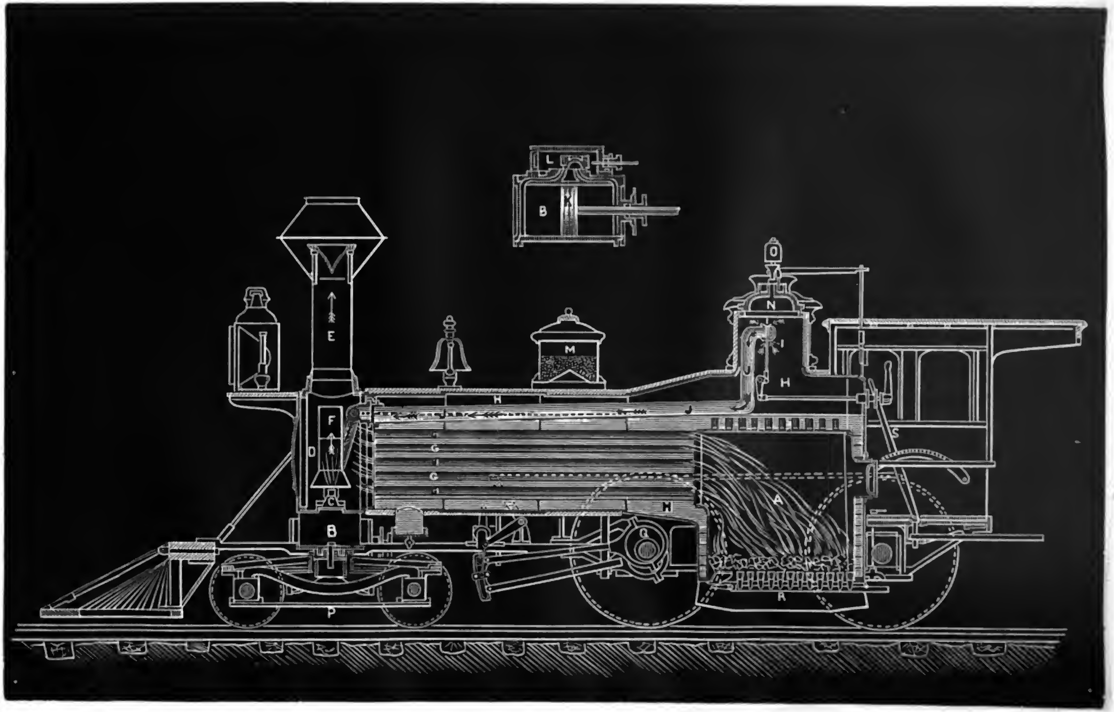
The Locomotive.

The distinctive feature[6] of the locomotive engine[7] is[8] its[9] great steam-generating[10] capacity, considering its size and weight, which are necessarily limited. To do[11] *the work ordinarily required of it*, from three to six tons of water must[12] be converted into steam per hour. This is accomplished[13]

1. **take the place,** 'die Stelle einnehmen,' or 'an die Stelle treten'; **its,** remember the gender of the German word for *equivalent;* the possessive adjective may be used or the genitive of the demonstrative pronoun *der, die, das.* — 2. **sum total,** 'der Gesamtbetrag.' — 3. **conservation,** 'die Erhaltung.' — 4. **constitute,** 'bilden.' — 5. **physical science** = *physics.* — 6. **distinctive feature,** 'das Hauptmerkmal,' 'die charakteristische Eigenschaft.' — 7. **locomotive engine,** 'die Lokomotive,' 'der Dampfwagen.'— 8. **is** may be translated literally by 'ist,' or as if the English were *consists in; consist,* cf. note on 312, 8. The whole clause *considering . . . limited* ought to come immediately after *is:* **considering,** 'in Betracht,' followed by the genitive. — 9. **its . . . capacity;** the same order of words can be observed in German, or the phrase may be rendered as if it read *its great capacity to generate steam.* — 10. **generate,** 'erzeugen.' — 11. **do,** 'leisten,' 'verrichten.' This sentence does not begin with the subject, but with the clause *to do . . . of it;* thus the inverted order must be used; the modal auxiliary *must* precedes the subject. — 12. **must be converted** = *one must convert; convert,* 'umwandeln'; cf. note on 314, 13. — 13. **be accomplished,** 'geschehen.'

in two ways: *viz.*,[1] first, by a rapid combustion[2] of fuel (from a quarter of a ton to a ton of coal per hour); second, by[3] bringing the water in contact with a large extent (about 800 sq. ft.) of heated[4] surface. The fire in the fire[5] box *A* is made[6] to burn briskly[7] by means of a powerful draft[8] which is created[9] in the following manner: The exhaust[10] steam, after[11] it has done its work in the cylinders, *B*, is conducted by the exhaust pipe[12] *C* to the smoke box[13] *D*, just beneath the smokestack[14] *E*. *The steam as*[15] *it escapes from the blast pipe*[16] *F* pushes[17] the air above[18] it, and drags by friction the air[19] around it, and thus produces a partial vacuum[20] in the smoke box. The external pressure of the atmosphere then forces the air through the furnace[21] grate and hot-air[22] tubes *G*, and thus causes a constant draft. The large extent of heated surface[4] is secured[23] as follows: The water of the boiler[24] is brought not only in contact with

1. **viz.**, 'nämlich.' — 2. Cf. notes on 57, 1 and 60, 4. — 3. **by bringing.** The idea of the participial infinitive (bringing) is anticipated by *da* or *dar* in combination with the preposition required by the German idiom (*dadurch*, *davon*, *damit*, etc.); then follows a complete clause (subject and verb) preceded by *dass*, thus literally = *by this*, or *thereby*, *that one brings*, 'dadurch dass man . . . bringt.' — 4. Cf. note on 68, 5. — 5. Cf. note on 64, 13. — 6. **is made** = *one makes; make*, 'lassen'; order of construction? — 7. **briskly**, 'lebhaft.' — 8. **draft**, 'der Zug.' — 9. **create**, 'hervorrufen.' — 10. **exhaust steam**, 'der Abgangsdampf,' 'der Abdampf.' — 11. **after** is not a preposition, but a conjunction; order of words? — 12. **exhaust pipe**, 'die Ableitungsröhre.' — 13. **smoke box**, 'die Rauchkammer,' 'der Rauchkasten.' — 14. **smokestack**, 'der Schornstein,' 'die Esse.' — 15. **as it escapes** = *escaping*. — 16. Cf. note on 69, 8. — 17. **push**, 'schieben,' 'treiben.' — 18. **above it**, 'nach oben.' — 19. **the air** need not be repeated; use the personal pronoun instead. — 20. **vacuum**, 'der leere Raum,' 'das Vakuum.' — 21. **furnace grate**, 'der Feuerrost'; cf. note on 69, 5. — 22. **hot-air tube**, 'das Feuerrohr,' 'das Heizrohr.' — 23. **is secured** = *one secures; secure*, 'erlangen,' 'erhalten'; use the inverted order. — 24. Cf. note on 55, 2.


L
B
K
O
N
E
F
D
M
H
I
G
A
C
B
Q
H
S
P
R

the heated surface of the fire box, but[1] it surrounds the pipes[2] *G* (a boiler usually contains about 150). These pipes are kept hot by the heated[3] gases and smoke, all[4] of which must pass[5] through them to the smoke box and smokestack.

Study the cut[6] carefully, trace[7] the course of the steam from the boiler *H* through the throttle[8] valve *I* (under the control of the engineer[9]), steam pipe *J*, etc., to its exit[10] from the smokestack.

The steam engine, with[11] all its merits and with *all the improvements*[12] *which modern mechanical art has devised*, is to-day[13] an exceedingly wasteful machine. *The best engine that*[14] *has ever been constructed* utilizes[15] only twenty per cent of the heat-power used.[16]

(*Introduction to Physical Science*, by A. P. Gage, Ph.D.)

1. **but,** 'sondern'; *sondern* is used after a negative; to the German *nicht nur*, 'not only,' ought to correspond *sondern auch*, 'but also'; *auch* comes after the verb. The conjunctions meaning *and, but, for* and *either, or,* when standing at the head of the sentence, do not cause the change of the normal to the inverted order, thus *aber ich habe ihn seit Jahren nicht gesehen*, 'but I have not seen him for years'; of course, some other word or phrase following *aber*, etc., may require the use of the inverted order, thus, *aber seit Jahren habe ich ihn nicht gesehen.* — 2. **pipe** = *tube.* — 3. **the heated gas,** 'das Feuergas,' 'das Heizgas.' — 4. **all of which** = *which all.* — 5. **pass,** 'ziehen,' 'gehen.' — 6. **cut,** 'der Holzschnitt,' 'der Kupferstich.' — 7. **trace,** 'verfolgen.' — 8. **throttle valve,** 'das Drosselventil.' — 9. **engineer,** 'der Lokomotivenführer.' — 10. **exit,** 'der Abgang.' — 11. **with,** 'bei,' 'trotz,' literally *in spite of.* — 12. **improvements . . . devised**; translate as if it read *improvements devised by modern mechanical art; devise*, 'erfinden,' 'ersinnen'; *mechanical art*, 'die Mechanik.' — 13. After **to-day** add *still*, 'noch.' — 14. Omit **that has been.** — 15. **utilize,** 'ausnutzen,' 'nutzbar machen'; *nutzbar*, 'useful,' 'available,' being an adjective, what is its position in the sentence? — 16. **used,** past participle employed as an attributive adjective stands before its noun; *use*, 'verbrauchen.'

Geology.

Before[1] geology had attained[2] to the position of an inductive[3] science, it was customary[4] to begin[5] all investigations into the history of the earth by[6] propounding or adopting some more or less fanciful hypothesis in[7] explanation of the origin of our planet, or even of the universe. Such preliminary notions were[8] looked upon as essential to[9] a right understanding of the manner in which the materials of the globe had been put together. To the illustrious James Hutton (1785) geologists are[10] indebted for[11] strenuously upholding the doctrine that it[12] is no part of the province[13] of geology to discuss the origin of things. He taught[14] them that in the materials from which geological evidence is to be compiled[15] can[16] be found "no traces of a beginning, no prospect of an end." In England, mainly[17] to the influence of the school which he founded, and to the subsequent[18]

1. **Before** is not a preposition, but a conjunction; position of the verb? — 2. **attain to,** 'erreichen,' transitive verb. — 3. **inductive,** 'induktiv.' — 4. **it was customary** = *one was accustomed;* cf. note on 38, 5. — 5. Infinitive after *earth.* — 6. **by propounding or adopting** = *that one propounded or adopted;* cf. note on 316, 3. *propound,* 'vorschlagen'; *adopt,* 'annehmen.' — 7. **in explanation** = *in order to explain;* position of the infinitive? — 8. **were looked upon** = *one looked upon;* use the inverted order; *look upon as,* 'betrachten als'; 'halten für.' — 9. **to,** 'zu.' — 10. **be indebted,** 'verpflichtet sein'; use the inverted order. — 11. **for strenuously upholding** = *for this: that he strenuously . . . upheld;* cf. note on 316, 3. *strenuous,* 'eifrig,' 'kräftig.' — 12. **it is no part of** = *it does not belong to; to,* 'in,' with accusative or 'zu' with dative. — 13. **province,** 'der Bereich,' 'die Sphäre.' — 14. **teach,** 'lehren' to be distinguished from *lernen,* 'learn.' — 15. Cf. note on 11, 6; **compile,** 'sammeln.' — 16. **can be found** = *one can find;* this clause begins with *that in the materials;* position of the verbs? — 17. **mainly . . . is due** = *one owes it mainly; owe,* 'verdanken'; use the inverted order. — 18. **subsequent,** 'später.'

rise of the Geological Society (1807) which resolved to collect facts instead[1] of fighting[2] over hypotheses, is due[3] the disappearance[3] of the crude and unscientific cosmologies by which the writings of the earlier geologists were distinguished.[4] (*Encyclopædia Britannica.*)

Geometry.[5]

We have only to abstract all material from a physical body (solid) to gain the idea of a geometrical solid. Its boundaries are called surfaces; the boundaries of a surface are lines and their boundaries are points. A solid has three dimensions, length, breadth, and thickness. A surface has only two dimensions, length and breadth; a line has only one dimension, length; a point has none. The surface of a solid is no part of the solid; it is simply the boundary of the solid. A line is no part of a surface; a point is no part of a line. The points, lines, surfaces, and solids of geometry are purely ideal. In geometry we have nothing to do with the matter of which a body is composed; we study simply its shape and size. (G. A. Wentworth's *Plane Geometry.*)

Mineralogy.

The forms of crystallized minerals are very various. At first sight[6] there[7] often seems to be no relation between

1. **instead of,** 'anstatt zu'; cf. note on 39, 1. — 2. **fight,** 'streiten.' — 3. **the disappearance,** etc. = *that the crude and unscientific cosmologies disappeared.* — 4. **were distinguished** = *distinguished themselves.* — 5. After carefully reading pages 124 and 125, the translation of the above lines will offer no difficulty. — 6. Inverted order; begin the sentence with **At first sight,** 'Auf den ersten Blick' or with **often.** — 7. **there seems to be** = *it seems as if there were;* cf. *there is,* 'es giebt.'

different crystals of the same mineral. Yet it is true that all the various shapes are modifications[1] according[2] to simple laws of a few fundamental[3] forms, or in other words, the fundamental forms are those from which all the other forms of crystals are derived.[4] The derivative[5] forms are called secondary[6] forms, and their planes secondary planes.

Crystals of calcareous[7] spar may[8] be chipped off easily in three directions, and by this means[9] the fundamental form, a rhombohedron, may[10] be obtained. In all other directions only an irregular fracture[11] takes place. This property of[12] separating into natural layers is called cleavage,[13] and the planes along which it takes place, cleavage joints.[14]

(James D. Dana's *Manual of Mineralogy.*)

The Blood.[15]

This substance, which[16] is estimated to compose one thirteenth of the human body, by[17] weight, is a mixture of different substances, — serum,[18] which is a fluid; fibrin, which is fluid in the body, but solidifies[19] when the blood is taken from the body; and with these two, which are fluid in our

1. **modification,** 'die Abänderung.' — 2. Cf. note on 76, 7. — 3. **fundamental form,** 'die Grundform,' 'die Hauptform.' — 4. **derive,** 'ableiten.' — 5. **derivative** = past participle *derived.* — 6. **secondary form,** 'die sekundäre Form,' 'die Nebenform.' — 7. Cf. note on 86, 13. — 8. **may be chipped off** = *one may chip off;* use inverted order; *chip off,* 'behauen,' position of the infinitive? — 9. **by this means,** 'auf diese Art.' — 10. **may be obtained** = *one may obtain.* — 11. Cf. note on 165, 1. — 12. Cf. note on 313, 2. — 13. Cf. note on 163, 1. — 14. Cf. note on 164, 6. — 15. Read carefully page 182. — 16. **which,** etc. = *of which one estimates that it composes; estimate,* 'annehmen.' — 17. **by,** 'nach.' — 18. Cf. note on 182, 4. — 19. **solidify,** 'fest werden.'

systems, there[1] is mingled an immense number of minute blood-corpuscles,[2] or blood-cells, of two kinds.

Blood[3] *freshly drawn from an animal and set aside in a glass vessel* soon becomes a red, jelly-like[4] mass. This change is called coagulation.[5]

If we let the coagulated[6] blood stand, it gradually separates into two parts, — *a light yellow liquid,*[7] *consisting of serum colored by a few blood-cells,* and a compact, semi-solid mass, the clot,[8] which contains the solidified fibrin with the great part of the blood-cells. The clot is red, darker below and lighter at top.

The blood is[9] not contained in the body as water is in a sponge. It[10] is contained in a vast number of large and small tubes[11] called blood-vessels, and in the heart which is the central point of the whole. The blood-vessels include arteries, veins, and capillaries.

The Eye.[12]

The eyeball has several coats.[13] The outer one (sclerotic) is white and tough; but at the forepart of the globe a

1. **there is mingled** = *mingles itself; mingle,* 'mengen.' — 2. Cf. note on 19, 4. — 3. Use the definite article before **Blood**; what is the position of *blood* in this participial clause? The words *freshly . . . vessel* may also be rendered by a relative clause; **draw from,** 'abziehen,' governs the dative. — 4. Cf. note on 182, 10. — 5. **coagulation,** 'die Gerinnung.' — 6. Cf. note on 182, 7; irregular verb. — 7. What is the position of the substantive **liquid** in this connection? — 8. Cf. note on 182, 6. — 9. **The blood is,** etc.; translate as if it read: *The body holds the blood not in the same manner as a sponge (holds) water.* — 10. Substitute *The blood* for **It**; **contained,** 'enthalten,' is used as a predicative adjective; for its position cf. note on 313, 6. — 11. Read carefully the last lines on page 186 and the beginning of page 187. — 12. Cf. the article on *the Eye,* beginning on page 196, and particularly pages 199 and 200. — 13. Cf. note on 198, 11.

circular portion of the sclerotic becomes transparent.[1] This portion is called the *cornea.* The "white of the eye" is that part of the sclerotic which we can see. Behind the cornea, and in full view, is a circular object, the *iris,* colored blue, gray, green, brown, or nearly black. The iris is a flat, round curtain, attached[2] by its edge, just behind the edge of the cornea. Its[3] use is to regulate the amount of light that enters[4] the eye. At its centre is a small round hole, the *pupil,* through which all the light enters[4] the eye; this hole grows larger in a dim light and smaller in a bright light. This can be seen[5] by holding[6] a hand-glass[7] and facing[6] a window[7], if[8] one hand[9] is held so as to screen both eyes, and then quickly removed, the pupil[10] will be seen contracting. In front of the iris and behind the cornea is[11] a space filled[12] with a fluid nearly the same as water, — the *aqueous humor.* Behind the iris is a lens, the *crystalline lens;* and behind that is the main cavity of the eye which is surrounded by the walls of the globe, and filled with a *transparent material consisting chiefly of water,* — the *vitreous humor.*

(Dr. D. F. Lincoln's *Hygienic Physiology.*)

1. Cf. note on 165, 15. — 2. **attach,** 'befestigen.' — 3. **Its use is** = *it serves for this* ('dazu'). — 4. **enters the eye** = *enters into the eye; enter,* 'eintreten'; position of the separable prefix in a relative clause? — 5. **can be seen** = *one can see;* use the inverted order. — 6. Cf. note on 316, 3. — 7. **hand-glass,** 'der Handspiegel.' **face a window** = *stand opposite a window; opposite,* 'gegenüber'; preposition (with dative) follows the governed noun. — 8. Omit *if* and use the inverted order to express conditionality. — 9. **one hand is held,** etc. = *one holds one hand so, that one screens both eyes and then quickly removes the hand;* **screen,** 'beschirmen.' *removes* follows the same construction as *holds,* since *if* is understood. — 10. If an inverted conditional clause is put at the head of the sentence, the principal clause takes also the inverted order (*so* may precede the latter). **the pupil will be seen contracting** = *one will see that the pupil contracts, or* = *one will observe the contraction of the pupil; contraction,* cf. note on 89, 1. — 11. **is** = *finds itself;* 'sich befinden.' — 12. **filled** = *which is filled.*

ADVERTISEMENTS

INTERNATIONAL MODERN LANGUAGE SERIES.

See also the Announcements.

An Introduction to the French Language.

A Practical Grammar with Exercises. By ALPHONSE N. VAN DAELL, Professor of Modern Languages in the Massachusetts Institute of Technology, formerly Director of Modern Languages in the Boston Public Schools. 12mo. Cloth. xxvii + 229 pages. Mailing price, $1.10; for introduction, $1.00.

THIS is a complete first year book, compact and concise and yet full enough to be accurate and thorough. It is in two Parts: Part I. consists of exercises and refers constantly to Part II. which is a brief French grammar.

The book is truly practical, that is, it is based upon connected language, and it provides reference to a *connected* statement of grammatical rules. The particular attention of instructors is invited to this feature, not to be found in other books.

The method of the book permits the introduction of conversational exercises at any stage of the course.

The exercises are interesting in themselves. Besides this, they are *French* in substance as well as in form.

This introduction can be used with any reader or set of reading books.

The long experience of the author has been ably supplemented by the criticisms of eminent scholars and successful teachers.

For the elementary courses in colleges, seminaries, academies, and high schools it is believed to possess peculiar excellences.

Théodore Henckels, *Instructor in French, Middlebury College, Vt.:* I have decided to introduce the work into my beginner's class.

M. Levi, *Instructor in French in the University of Michigan:* I shall not hesitate to introduce it at once into my class.

C. H. L. N. Bernard, *Instructor in Modern Languages, Massachusetts Institute of Technology, Boston:* I firmly believe it will facilitate the work of both students and teachers.

J. Geddes, Jr., *Professor of French in Boston University:* It is an excellent piece of work and well deserves the remarkable success it is having all over the country.

F. W. Freeborn, *Master, Boston Latin School:* The book must commend itself to those who wish to avail themselves of all that is best in modern methods of language teaching.

A. de Rougemont, *Professor of French, Adelphi Academy, Brooklyn, N.Y.:* This work marks an immeasurable advance over the existing methods.

Andromaque.

Par Racine. (Texte de 1697.) Edited by FERDINAND BÔCHER, Professor of Modern Languages, Harvard University. 12mo. Paper. ii + 75 pages. Mailing price, 25 cents; for introduction, 20 cents.

De l'Institution des Enfans.

Par Montaigne. (Texte original de 1580.) Edited by Professor F. BÔCHER. 12mo. Paper. iv + 26 pages. Mailing price, 25 cents; for introduction, 20 cents.

Le Misantrope.

Par Molière. (Texte de 1667.) Edited by Professor F. BÔCHER. 12mo. Paper. 93 pages. Mailing price, 25 cents; for introduction, 20 cents.

Lee Davis Lodge, *Prof. of the French Language and Literature, Columbian University, Washington, D.C.:* Especially must I commend in the highest terms your plan of publishing the original texts of the great masterpieces of French literature. This is a great aid to every professor who is striving to inspire his classes with an enthusiasm for advanced philological work and the critical study of literature.

Extraits de la Chanson de Roland,

avec une Introduction Littéraire, des Observations Grammaticales, des Notes, et un Glossaire Ccmplet.

Par Gaston Paris. Membre de l'Institut. Revue et Corrigée par l'Auteur. 12mo. Cloth. xxiv + 160 pages. Mailing price, 70 cents; for introduction, 60 cents.

L'Avare.

Par Molière. With Introduction, Notes compiled from the best sources, and a Complete Vocabulary. 12mo. Cloth. xxi + 140 pages. Mailing price, 65 cents; for introduction, 56 cents.

THE study of "The Miser" is interesting, not because of the sympathetic aspect of the subject-matter, but rather on account of its intense dramatic points, its bright-colored moving force, its piquant scenes and situations, and an abundance of comic details. A bibliography of Molière, literary appreciations, a fullness of explanatory notes on the same page with the text, and a very complete vocabulary make this edition most complete and serviceable.

Popular Science. **French Prose.**

Edited and annotated by JULES LUQUIENS, Professor of Modern Languages in Yale University. 12mo. 252 pages. Mailing price, 70 cents; for introduction, 60 cents.

THIS volume is not, strictly speaking, a scientific reader; its aim is simply to provide material suitable for imparting the habit of careful reading and, in a measure, the vocabulary of scientific literature. Articles of pure science are valuable, in the hands of teachers familiar with the technicalities of the subject treated, but they lay too heavy a burden upon the average instructor of modern languages. These selections have therefore been made from that branch of writing which, while drawing upon facts and scientific data for material, permits the display of the author's fancy or brightness, and blends instruction with interest.

A. G. Cameron, *Prof. of French in Yale University:* I am using it. Such use is sufficient index of appreciation in itself. The scientific selections are admirable.

Chas. F. Kroeh, *Professor of German in the Stevens Institute of Technology, Hoboken, N.J.:* The selections are well chosen and long enough to be interesting.

La Prise de La Bastille. **French Prose.**

Par J. Michelet. Edited and annotated by JULES LUQUIENS, Professor of Modern Languages in Yale University. 12mo. Paper. 55 pages. Mailing price, 25 cents; for introduction, 20 cents.

THIS selection is condensed from Michelet's "History of the French Revolution." It is a brilliant pen-picture illustrating the great historian's vividness of style and glowing enthusiasm.

E. S. Joynes, *Department of Modern Languages in Carolina College, Columbia, S.C.:* It presents a brilliant story of a notable event in a very convenient shape.

La Cigale Chez les Fourmis. **Comédie en un acte.**

Par MM. Ernest Legouvé et Eugène Labiche. With English notes by ALPHONSE N. VAN DAELL, Professor of Modern Languages in the Massachusetts Institute of Technology. 12mo. Paper. 37 pages. Mailing price, 25 cents; for introduction, 20 cents.

THIS play has, perhaps, no transcendent merit, but it has life. It is a bright and sparkling little comedy, and not difficult even for young pupils. It will prove very interesing to its readers.

Contemporary French Writers.

Edited and annotated by ROSINE MELLÉ, Diplomée de l'Academie de Paris et l'Université de France. 12mo. xvi + 212 pages. Mailing price, 85 cents; for introduction, 75 cents.

MANY students of the French language who are familiar with the prose of ordinary writers, or capable of reading their works, find themselves at sea when they open the books of the men who are now directing the thought and shaping the literature of France. This book should be a welcome aid to this class of students. It is the first attempt, so far as we know, to fill the want that has been felt.

The volume contains selections from the French writers of the second part of the nineteenth century, and is accompanied with literary notices, and historical, geographical, etymological, grammatical, and explanatory notes.

Morceaux Choisis d'Alphonse Daudet.

Edited and annotated by FRANK W. FREEBORN, Master in the Boston Latin School. 12mo. Cloth. ix + 227 pages. Mailing price, 85 cents; for introduction, 75 cents.

THIS book is issued to supply a more extended course of reading from Daudet than is now published in any one text-book, to furnish a more harmonious and agreeable series of extracts, and to provide the learner with such explanations of the author's many historical, biographical, and literary allusions as will make the brilliancy of his style better appreciated. A large part of the text has never before been prepared for school use, and yet it is taken from his best known and most characteristic books. In addition, M. Daudet has supplied a new sketch, especially prepared for this work, and has kindly aided the editor by valuable explanations of certain phrases and allusions.

A. P. Montague, *Professor of Latin in Columbian University, Washington, D.C.:* The selections are in the best taste, and admirable exponents of the author's style; the notes are scholarly, helpful, and accurate.

L. Oscar Kuhns, *Professor of French in Wesleyan University, Middletown, Conn.:* The typography and book-work has pleased me very much. . . . Daudet needs no commendation. I have been very fond of him, and hope to use your edition.

A Preparatory German Reader.

With Notes and Vocabulary. Prepared for beginners by C. L. van Daell. 12mo. Cloth. iv + 136 pages. Mailing price, 45 cents; for introduction, 40 cents.

MOST of the material commonly set before beginners in German consists of fairy tales, and sometimes even these are translations or adaptations from other languages.

It is believed that many teachers will prefer easy and graded prose, telling something of Germany, its life, its history, and some of its illustrious men. Such is the plan of this Reader.

The prose is supplemented with some choice selections from the simplest and best of those lyric poems which are among the brightest jewels in Germany's literary crown. The editor has sought to interest thus both intellect and feeling in this introduction to German literature.

German and English Sounds.

By C. H. Grandgent, Director of Modern Language Instruction in the Boston Public Schools. Illustrated. 12mo. Cloth. vi + 42 pages. Mailing price, 55 cents; for introduction, 50 cents.

CONTAINS a detailed account of the sounds that occur in German and English speech, a description of the principal local variations in the pronunciation of both languages, and a series of diagrams showing the positions of the vocal organs during the formation of the vowels and the more difficult consonants.

Dietegen.

Novelle von Gottfried Keller. With introduction and notes by Gustav Gruener, Assistant Professor of German in Yale University. 12mo. Cloth. vi + 75 pages. Mailing price, 40 cents; for introduction, 35 cents.

THIS story, besides possessing much literary merit, is well adapted for class-room work because of its powerful plot, its idiomatic style, and its extensive vocabulary.

The notes are designed to explain only the more difficult idiomatic passages and such historical and general references as occur in the text.

Soll und Haben.

Von Gustav Freytag. Edited and annotated by IDA W. BULTMANN, Teacher of German in the Free Academy, Norwich, Conn. 12mo. Cloth. vi + 220 pages. Mailing price, 70 cents; for introduction, 60 cents.

GUSTAV FREYTAG is one of the foremost writers of Germany at the present time, and his *Soll und Haben* seems an ideal book for the class-room.

Burg Neideck.

Von Wilhelm Heinrich Riehl. With notes and introduction, by CHARLES BUNDY WILSON, Professor of Modern Languages and Literature in the State University of Iowa. 12mo. Paper. xix + 86 pages. Mailing price, 35 cents; for introduction, 30 cents.

RIEHL is deservedly popular; his writings are remarkably pure in tone and character, and may be used in mixed classes. This story is one of his best and most keenly interesting.

The book is eminently suitable for use in the first or second year and is an admirable text for sight reading even at a later stage.

Brigitta.

Von Berthold Auerbach. With introduction and notes by J. HOWARD GORE, Ph.D., Professor of German in the Columbian University. 12mo. Cloth. viii + 115 pages. Mailing price, 55 cents; for introduction, 50 cents.

THIS edition has been prepared with a conviction founded on actual experience that *Brigitta* is unparalleled for sight reading or regular work for a less advanced class. Certain descriptive portions of the original text have been omitted, but nothing in the way of connective matter has been added.

Die Erhebung Europas gegen Napoleon I.

Von Heinrich von Sybel. Edited with notes by A. B. NICHOLS, Instructor in German in Harvard University. 12mo. Cloth. x + 126 pages. Mailing price, 66 cents; for introduction, 60 cents.

THE immediate object of the editor has been to supply suitable material for rapid reading in the second or third year; also to encourage intelligent, rapid reading, rather than a minute study of the text.